

Universitätsspital Zürich
Klinik für Ohren-, Nasen-, Hals- und Gesichtschirurgie
Direktor: Prof. Dr. med. Rudolf Probst

Arbeit unter Leitung von Dr. Meike Brockmann-Bauser PhD MSc
und Dr. med. Jörg Bohlender

Referenzwerte für die instrumentelle akustische Analyse bei stimmgesunden Kindern vom 5. bis zum 10. Lebensjahr

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der Medizinischen Fakultät
der Universität Zürich

vorgelegt von
Denis Beyer
von Amden SG

Genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. med. Rudolf Probst
Zürich 2012

Inhaltsverzeichnis

1.	Zusammenfassung	3
1.1	Studienziel.....	3
1.2	Methode.....	3
1.3	Resultate.....	3
1.4	Schlussfolgerungen.....	3
2.	Einleitung	4
2.1	Instrumentelle akustische Stimmanalyse: Hintergrund.....	4
2.2	Begriffsdefinitionen.....	4
2.3	Typen von Jitter und Shimmer.....	5
2.4	Allgemeine Empfehlungen zur klinischen Messung von Jitter und Shimmer.....	6
2.5	Die instrumentelle akustische Stimmanalyse im Kindesalter	6
2.5.1	Die Bedeutung der instrumentellen akustischen Stimmanalyse im Kindesalter.....	6
2.5.2	Literatur zu Normwerten von Jitter und Shimmer im Kindesalter	7
2.5.3	Literatur zu Einflussfaktoren in Messungen von Jitter und Shimmer im Kindesalter	9
2.6	Ziele dieser Studie	9
3.	Methode	11
3.1	Rekrutierung	11
3.2	Einschlusskriterien.....	12
3.2.1	Nachträgliche Modifikationen der Einschlusskriterien	12
3.3	Aufnahmetechnik	13
3.3.1	Analysesoftware Praat.....	13
3.4	Datensammlung.....	14
3.4.1	Stimmfunktion.....	14
3.4.2	Körpergrösse und Gewicht.....	14
3.4.3	Stimmaufnahmen	14
3.4.4	Akustische Stimmanalyse.....	15
3.5	Statistische Analyse.....	15
3.5.1	Zielparameter	15
3.5.2	Statistische Analyse.....	16
4.	Resultate	18
4.1	Aufgenommene Kohorten	18
4.1.1	Ausschlüsse aufgrund nicht erfüllter Aufgabendurchführung.....	19
4.2	Einflussfaktoren auf die Stimmparameter Jitter, Shimmer, SLS und F_0	20
4.2.1	Einfluss von Geschlecht, Alter, Grösse und Gewicht.....	20
4.2.2	Einfluss der Lautstärkestufen	21
4.3	Deskriptive Analyse der Stimmlautstärke (SLS) pro Lautstärkestufe	24
4.4	Deskriptive Analyse der Grundfrequenz (F_0) pro Lautstärkestufe.....	25
4.5	Deskriptive Analyse von Jitter pro Lautstärkestufe.....	27
4.6	Deskriptive Analyse von Shimmer pro Lautstärkestufe	29
4.7	Perzentilen für Jitter, Shimmer, SLS, F_0 in der Lautstärkestufe “> 80 dBA“	31
5.	Diskussion	32
5.1	Übersicht.....	32

5.2	Einfluss von SLS auf Jitter und Shimmer	32
5.3	SLS in den verschiedenen Lautstärke­stufen.....	33
5.4	Zusammenhänge zwischen Jitter, Shimmer, F_0 und Geschlecht, Alter, Körpergrösse sowie Gewicht	34
5.5	Durchführbarkeit des Untersuchungsprotokolls bei Kindern.....	35
5.6	Empfehlungen zur instrumentellen akustischen Analyse für Kinder	36
5.7	Referenzwerte für Jitter und Shimmer	36
5.8	Instrumentelle akustische Stimmanalyse: Integration der Ergebnisse und Ausblick ..	37
5.9	Fazit.....	38
6.	<i>Literaturverzeichnis</i>	39
7.	<i>Anhänge</i>	44
7.1	Anhang I: Probandeninformation	45
7.2	Anhang II: Einverständniserklärung.....	50
7.3	Anhang III: Elternfragebogen	52
7.4	Anhang IV: Literaturvergleich zu Normwerten von Jitter und Shimmer im Kindesalter.....	55
8.	<i>Verdankungen</i>	57
9.	<i>Curriculum Vitae</i>	58

1. Zusammenfassung

1.1 Studienziel

Die instrumentelle akustische Analyse wird als Standarduntersuchung bei funktionellen und organischen Stimmstörungen empfohlen [1, 2]. Routinemässig werden dabei folgende Parameter erhoben: die Grundfrequenz (F_0) und Sprechlautstärke (SLS), sowie Jitter und Shimmer (Irregularität der F_0 , beziehungsweise SLS in %). Laut gültigen klinischen Richtlinien werden beide Parameter in subjektiv normaler SLS aufgezeichnet [1]. Bei Erwachsenen werden Jitter und Shimmer jedoch unter diesen Messbedingungen signifikant von der individuellen SLS beeinflusst [3]. Deshalb wurde empfohlen, beide Parameter bei einer kontrollierten Phonationslautstärke von mindestens 80 dBA zu bestimmen [3-5].

Ziel dieser Studie war die Erhebung eines normativen Datensatzes für Jitter und Shimmer bei präpubertären, stimmungsgesunden Kindern. Dabei wurde die Durchführbarkeit des revidierten Untersuchungsprotokolls in dieser Altersgruppe überprüft. Des Weiteren wurde die Abhängigkeit der Stimmparameter Jitter, Shimmer, F_0 und SLS von möglichen physiologischen Einflussfaktoren wie Alter, Geschlecht, Körpergrösse und Körpergewicht analysiert.

1.2 Methode

In einer Querschnittsstudie wurden 68 präpubertäre Kinder (39 Mädchen und 29 Jungen) zwischen 5;0 und 9;11 Jahren untersucht. Dabei wurden je drei Stimmaufnahmen des Vokals /a/ in „leiser“, „mittlerer“ und „lauter“ Phonation, sowie bei kontrollierter Lautstärke von mindestens 80 dBA mit der Software Praat [6] analysiert. Die Zusammenhänge zwischen den vier Stimmparametern und den Variablen Alter, Geschlecht, Körpergrösse und Körpergewicht wurden mittels linearen gemischten Modellen (LGM) ermittelt. Des Weiteren wurde für jeden Stimmparameter mittels Varianzanalyse (ANOVA) und LGM der Zusammenhang zu den vier Lautstärkestufen „leise“, „mittel“, „laut“ und „> 80 dBA“ untersucht. Zusätzlich wurden deskriptive Statistiken wie auch Perzentilenangaben erstellt.

1.3 Resultate

Die Variablen Alter, Geschlecht, Körpergrösse und Körpergewicht zeigten keinen Einfluss auf die vier Stimmparameter (LGM: $p > 0.05$). Mit Ausnahme von Jitter liessen sich die Stimmparameter in den einzelnen Lautstärkestufen sowohl mittels ANOVA ($p < 0.01$) als auch mittels LGM signifikant ($p < 0.01$) voneinander abgrenzen. In der fünfzigsten Perzentile beträgt Jitter 0.24%, Shimmer 4.02%, SLS 91.7 dBA und F_0 316.9 Hz.

1.4 Schlussfolgerungen

Wie bei Erwachsenen zeigen Jitter und Shimmer auch bei präpubertären Kindern eine starke Abhängigkeit von der individuellen SLS. Jitter und Shimmer, wie auch ihre Streuung, werden wesentlich grösser, je leiser gesprochen wird. Erstmals konnte gezeigt werden, dass sich die Vergleichbarkeit von Jitter- und Shimmermessungen durch eine kontrollierte SLS von mindestens 80 dBA, im Gegensatz zu Messungen in subjektiv normaler Sprechstimmlage, deutlich verbessern lässt. Kinder im Vorschulalter hatten vermehrt Schwierigkeiten die Aufgabenstellung zu erfüllen. Deshalb wird das revidierte Untersuchungsprotokoll für Kinder ab etwa dem siebten Lebensjahr (Schulreife) bis zum zehnten Lebensjahr empfohlen.

2. Einleitung

2.1 Instrumentelle akustische Stimmanalyse: Hintergrund

Die instrumentelle Analyse untersucht akustische Eigenschaften der menschlichen Stimme [2]. Während der Stimmgebung (Phonation) schwingen die Stimmlippen im Larynx. Die daraus resultierenden Schallwellen werden durch den Vokaltrakt weiter modifiziert, was den Stimmklang und die Sprache des Menschen charakterisiert [7]. Zur instrumentellen akustischen Analyse wird die Stimme mit einem Mikrofon aufgenommen und mittels einer spezialisierten Computer-Software analysiert [6]. Dabei werden Parameter wie unter anderem die Tonhöhe, die Lautstärke und die Regelmässigkeit der Schallwellen bestimmt. Die Anwendung der akustischen Analyse basiert auf der Annahme, dass die aufgenommenen Schallwellen mit der Stimmlippenfunktion korrelieren.

Trotz unbefriedigender Reliabilität, Sensitivität, sowie Validität [5, 8] wird die instrumentelle akustische Stimmanalyse zur Untersuchung von funktionellen und organischen Stimmstörungen breit empfohlen. Nach europäischen und US-amerikanischen Richtlinien ist sie Standard bei klinischen Untersuchungen [1, 2, 8]. Neben der Diagnostik wird sie hauptsächlich zur Verlaufsbeurteilung von Stimmerkrankungen, wie auch zur Evaluation der Wirksamkeit einer Therapie eingesetzt [1, 5, 8]. Im Gegensatz zu perzeptiven akustischen Analysen, wie zum Beispiel mittels GRBAS-Skala [9], liefert die instrumentelle akustische Analyse vom Untersucher unabhängige Messergebnisse [10].

2.2 Begriffsdefinitionen

In dieser Arbeit werden folgende instrumentelle akustische Parameter untersucht [2] (siehe Abbildung 1 und Methodenteil):

- *Grundfrequenz (F_0):* Unter Grundfrequenz versteht man die Sprechtonhöhe, beziehungsweise den Grundton, welche eine Person beim normalen Sprechen benutzt. F_0 beschreibt die Anzahl der akustischen Wellen pro Sekunde in Hertz (Hz).
- *Sprechlautstärke (SLS):* Sound Pressure Level (SPL) ist ein physikalisches Maß für die Amplitude der akustischen Welle, beziehungsweise der Lautstärke. Sie wird logarithmisch in Dezibel (dB) mit Filterbewertung A angegeben (dBA).
- *Jitter:* Jitter beschreibt die Schwankung der Grundfrequenz (F_0) von einer akustischen Welle zur nächsten.

- *Shimmer*: Shimmer beschreibt die Lautstärkeschwankung von einer akustischen Welle zur nächsten.

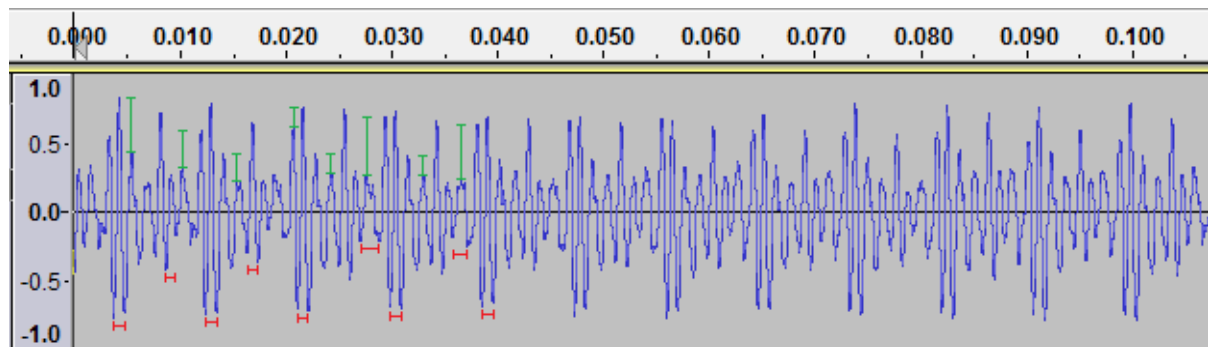


Abbildung 1: Ausschnitt eines Stimmsignals aus Audacity [11]. Das Bild zeigt den Ausschnitt einer Stimmaufnahme als stark vergrößertes Oszillogramm. Die Abszisse zeigt die Stimmlautstärke (Der Hersteller verwendet eine lineare, d.h. nicht logarithmierte Standardeinstellung der Amplitude. Eine Einheit wird nicht angegeben. Maximum: +1.0, Minimum: -1.0), die Ordinate beschreibt den Zeitverlauf in Sekunden (s). Die Grafik repräsentiert das Schallsignal im Verlauf der Zeit. **Grüne Markierung:** Die Abweichung der Amplitude von einer akustischen Welle zur nächsten entspricht Shimmer. **Rote Markierung:** Die Abweichung der Grundfrequenz von einer akustischen Welle zur nächsten entspricht Jitter. Quelle:

2.3 Typen von Jitter und Shimmer

In der Literatur werden mehrere unterschiedliche Berechnungsmethoden für die Parameter Jitter und Shimmer diskutiert [3]. Sie können generell entweder als relative oder als absolute Werte berechnet werden. Absolute Jittermessungen werden durch die Differenz zwischen aufeinanderfolgenden Perioden von akustischen Wellen bestimmt. Daher werden unterschiedliche Grundfrequenzen (F_0) nicht im Verhältnis zur Abweichung der F_0 ausgemittelt. Analog dazu werden absolute Shimmermessungen über die Differenz der Amplituden bestimmt. Ebenso sind auch sie nicht auf die mittlere Stimmlautstärke (SLS) normiert (siehe Markierungen in Abbildung 1). Dies führt dazu, dass absolute Jitter- und Shimmerwerte von der individuellen Tonhöhe und Lautstärke einer Person abhängig sind [3, 12, 13].

Bei relativen Jitter- und Shimmerwerten wird im Gegensatz dazu ein Quotient zwischen dem mittleren Jitter, beziehungsweise Shimmer, und der mittleren F_0 , beziehungsweise SLS, gebildet. Zumeist werden diese Werte in Prozent angegeben [12, 13]. Die relativen Werte von Jitter und Shimmer werden, anders als die absoluten Werte, durch die habituelle mittlere F_0 des Sprechers, beziehungsweise SLS, kaum beeinflusst [14, 15]. Die in dieser Studie verwendeten Parameter Jitter local (%) und Shimmer local (%) der Software Praat [6] sind relative Jitter und Shimmer Parameter [6]. Der Einfachheit halber wird im Folgenden nur noch von Jitter und Shimmer gesprochen.

2.4 Allgemeine Empfehlungen zur klinischen Messung von Jitter und Shimmer

In der klinischen Standarduntersuchung wird der Patient normalerweise gebeten, den Vokal /a/ in subjektiv normaler Stimmlautstärke zu phonieren [1].

Frühere Studien an Erwachsenen wiesen nach [3, 16, 17], dass die natürliche unterschiedliche Sprechlautstärke von einzelnen Personen eine erhebliche Störvariable bei der Durchführung von Jitter- und Shimmermessungen ist [18]. Dies reduziert die Aussagekraft und den klinischen Nutzen der instrumentellen akustischen Stimmanalyse erheblich. Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass sich der Einfluss der Sprechlautstärke deutlich verringern lässt, wenn die Probanden eine Phonation von mindestens 80 dBA (bei 10 cm Mund-zu-Mikrofon-Abstand) erzeugen [3]. Eine Einschränkung der Sprechlautstärke nach oben (bis 95 dB) zeigte keinen Unterschied in der Streubreite von Jitter und Shimmer. Dies unter der Voraussetzung, dass bei Phonation nicht geschrien wird [17]. Zudem wiesen Studien an heiseren Patienten nach, dass Erhebungen von Jitter und Shimmer nur bei einem GRBAS-Wert von kleiner Eins reliabel sind [2, 5, 19]. Aufgrund dieser Erkenntnisse wurde ein revidiertes Untersuchungsprotokoll für klinische Messungen bei Erwachsenen empfohlen [4]. Bei Kindern hingegen wurden mögliche Einflussfaktoren auf die instrumentelle akustische Stimmanalyse bisher nur fragmentarisch untersucht, mit teils widersprüchlichen Resultaten (siehe folgender Abschnitt). Auch die klinische Anwendbarkeit des Untersuchungsprotokolls für Erwachsene wurde in dieser Altersgruppe bis zu diesem Zeitpunkt noch nicht untersucht.

2.5 Die instrumentelle akustische Stimmanalyse im Kindesalter

2.5.1 Die Bedeutung der instrumentellen akustischen Stimmanalyse im Kindesalter

Je nach Autor wird die Prävalenz der Dysphonie im Kindesalter mit 6 – 38% angegeben [20]. Eine chronische Dysphonie kann einen negativen Einfluss auf die psychosoziale Entwicklung von Kindern haben [21], weshalb Frühdiagnostik und eine entsprechende Therapie wichtig sind. Viele Untersuchungsmethoden in der Stimm diagnostik, wie zum Beispiel die Videoendoskopie oder direkte endoskopische Verfahren, sind in der Untersuchung der kindlichen Stimme je nach Alter und Individuum, bedingt durch die Anatomie oder wegen mangelnder Mitarbeit des Kindes, nur limitiert oder gar nicht einsetzbar [22-24]. Direkte mikrolaryngoskopische Verfahren können zwar unter Narkose durchgeführt werden, dies verunmöglicht jedoch wiederum die Beurteilung der Kehlkopffunktion. Im Gegensatz zu jenen Stimm diagnostikmethoden, bei welchen in den Rachenraum eingedrungen wird, wird die instrumentelle akustische Stimmanalyse von Kindern besser akzeptiert und ermöglicht eine leichtere Zusammenarbeit [22, 25].

2.5.2 Literatur zu Normwerten von Jitter und Shimmer im Kindesalter

Obwohl die instrumentelle akustische Stimmanalyse wegen der nicht invasiven Vorgehensweise gerade im Kindesalter sehr schätzenswert ist, wurde deren Effektivität mehrheitlich an der Stimme von Erwachsenen geprüft. So basieren die revidierten Empfehlungen zur klinischen Anwendung von Jitter und Shimmer nur auf Studien an erwachsenen Probanden [3, 5, 17]. Sie wurden im Kindesalter weder erprobt, noch wurden bisher danach ausgerichtet Referenzwerte erhoben.

Im Gegensatz zum Parameter F_0 [26, 27], existieren für die Parameter Jitter und Shimmer nur wenige normierte Daten [22, 25, 26, 28-33]. Beim Vergleich dieser Studien ist zu berücksichtigen (siehe Tabelle 1), dass für die Berechnung der Parameter, je nach Software, unterschiedliche Algorithmen mit unterschiedlichen Einheiten zur Anwendung gekommen sind [34]. Des weiteren ist die Reliabilität der Messungen für viele Analyseprogramme unbekannt [35]. Dies erschwert eine Synopse und den Vergleich [5].

Weiter gilt es zu beachten, dass die wichtigste Störgrösse bei den Messungen von Jitter und Shimmer, die Sprechlautstärke (SLS) [5], bei vorgängigen Studien nicht berücksichtigt wurde. Die Stimmaufnahmen dieser Studien wurden in subjektiv normaler Sprechlage, ohne Kontrolle der SLS, durchgeführt. Eine Studie aus dem Jahre 1990 legt jedoch nahe, dass diese auch im Kindesalter eine grosse Rolle spielt [16]. Sie konnte aufzeigen, dass Werte für Jitter und Shimmer umso kleiner werden, je lauter ein Kind phoniert. Aus diesen Gründen muss die Aussagekraft von Normwerten aus bisherigen Studien kritisch hinterfragt werden. Ebenso bedürfen die bisher beschriebenen Korrelationen von Jitter, respektive Shimmer, mit Einflussfaktoren wie Alter, Geschlecht, Gewicht und Grösse der Nachprüfung (siehe folgender Abschnitt).

Autor	Software	Teilnehmer	Alter	mean Jitter	SD	mean Shimmer	SD
Glaze et al, 1988 [26]	CSpeech	131 in toto	5.3-11.6	0.0339 Jitter (ms)	0.022	6.28 Shimmer (%)	4.33
		59 Knaben		0.0320 Jitter (ms)	0.020	5.51 Shimmer (%)	3.29
		62 Mädchen		0.0358 Jitter (ms)	0.024	7.01 Shimmer (%)	5.04
Hall et al, 1992 [36] aus [37]	CSpeech	10 Knaben	Vorschul- Alter	0.40 Jitter (ms)		4.57 Shimmer (%)	
Linders et al, 1995 [29]	PCLX	17 Knaben	7-15	10.3 median Jitter ratio	2.0-24.3	-	-
		44 Mädchen	7-15	9.7 median Jitter ratio	1.6-33.3	-	-
Niedzielska et al, 2001 [25]	-	31 in toto	4-14	0.43 Jitter (%)	0.24	4.07 Shimmer (%)	1.78
Zhang et al, 2001 [38] aus [37]	Dr. Speech	120 in toto	4 - 8	0.25 Jitter (%)		2.68 Shimmer (%)	
Campisi et al, 2002 [22]	MDVP	94 in toto	4-12	1.24 Jitter (%)	0.07	3.35 Shimmer (%)	0.12
Wertner et al, 2005 [32]	CSL	20 in toto	4-10.2	1.551 Jitter (%)	0.906	0.610 Shimmer (%)	0.187
Vanzella et al, 2006 [33]	Análize de Voz	182 in toto	7-10	1.21 Jitter (%)	-	7.01 Shimmer (%)	0.26
		98 Mädchen		1.15 Jitter (%)	-	7.31 Shimmer (%)	0.36
		84 Knaben		1.29 Jitter (%)	-	6.66 Shimmer (%)	0.39
Nicollas et al, 2007 [30]	Diana	9 Kinder	6	0.008 Jitter	-	0.423 Shimmer	-
		24 Kinder	7	0.013 Jitter	-	0.519 Shimmer	-
		18 Kinder	8	0.013 Jitter	-	0.43 Shimmer	-
		25 Kinder	9	0.029 Jitter	-	0.559 Shimmer	-
		27 Kinder	10	0.013 Jitter	-	0.526 Shimmer	-
		55 Kinder	11	0.017 Jitter	-	0.456 Shimmer	-
		54 Kinder	12	0.021 Jitter	-	0.471 Shimmer	-
Cappelari et al, 2008 [28]	MDVP	23 in toto	4-7	1.02 PPQ (%)	-	6.4 APQ (%)	-
		7 Kinder	4-5	1.21 PPQ (%)	-	8.1 APQ (%)	-
		11 Kinder	5-6	0.96 PPQ (%)	-	5.51 APQ (%)	-
		5 Kinder	6-7	0.9 PPQ (%)	-	5.98 APQ (%)	-
Tavares et al, 2010 [31]	MDVP	30 Mädchen	4-5	1.635 Jitter (%)	1.130	5.048 Shimmer (%)	1.668
		30 Knaben		1.710 Jitter (%)	1.433	4.366 Shimmer (%)	1.704
		30 Mädchen	6-7	1.725 Jitter (%)	1.161	5.152 Shimmer (%)	1.984
		30 Knaben		1.181 Jitter (%)	0.798	4.010 Shimmer (%)	1.425
		30 Mädchen	8-9	1.621 Jitter (%)	1.075	4.740 Shimmer (%)	1.959
		30 Knaben		1.532 Jitter (%)	1.090	4.240 Shimmer (%)	1.068
		30 Mädchen	10-11	1.670 Jitter (%)	0.800	4.220 Shimmer (%)	1.208
		30 Knaben		1.709 Jitter (%)	0.945	4.011 Shimmer (%)	1.100
Dehqan et al, 2011 [37]	Dr. Speech	15 Knaben	5.1-6.7	0.18 Jitter (%)	0.036	1.62 Shimmer (%)	0.31

Tabelle 1: Literaturvergleich zu Normwerten von Jitter und Shimmer im Kindesalter. Ein Teil der Daten stammt aus Kontrollgruppen von Studien, die erkrankte mit gesunden Stimmen verglichen haben [25, 32, 36-38]. Abkürzungen Software: CSL: Computerized Speech Lab; MDVP: Multidimensional Voice Program; PCLX: Analysis Software for Laryngograph. Abkürzungen Parameter: APQ: Amplitude Perturbation Quotient, PPQ: Pitch Perturbation Quotient.

2.5.3 Literatur zu Einflussfaktoren in Messungen von Jitter und Shimmer im Kindesalter

Schon vor der Pubertät ist der Kehlkopf im Rahmen der körperlichen Entwicklung einem diskreten Wandel unterworfen. So ändert im Verlaufe der Entwicklung die Zusammensetzung der Lamina propria der Schleimhaut, wie auch die Länge der Stimmlippen [7, 27, 39]. Als klinisch einfach handhabbare Indikatoren zur körperlichen Entwicklung dienen Gewicht, Grösse und Alter [40]. Frühere Publikationen haben vor allem die Beziehung zwischen F_0 und mindestens einem dieser drei Variablen untersucht [22, 26-31, 41-49] (siehe Diskussionsteil). Die Vermutung, dass diese Variablen auch einen Einfluss auf Jitter und Shimmer haben können, ist naheliegend. Vergangene Studien an präpubertären Kinderstimmen [22, 26, 28-31, 36, 38], welche den Einfluss wenigstens eines dieser Variablen untersucht haben, fanden, mit wenigen Ausnahmen, keinen signifikanten Zusammenhang zu Jitter, beziehungsweise Shimmer.

Jitter und Shimmer werden bei stimmgesunden Erwachsenen nicht nur durch SLS, sondern auch durch F_0 und das Geschlecht beeinflusst [50]. Ein Zusammenhang zwischen Jitter, beziehungsweise Shimmer, und dem Geschlecht im präpubertären Alter wurde in keiner Arbeit gefunden [16, 22, 29-31]. Über den Einfluss von F_0 auf Jitter, beziehungsweise Shimmer, der Kinderstimme ist in der Literatur bisher nichts bekannt.

2.6 Ziele dieser Studie

Die beiden Hauptziele dieser Studie waren die Erhebung eines normativen Datensatzes für die akustischen Parameter Jitter und Shimmer bei stimmgesunden Kindern im Alter zwischen 4;0 bis 9;11 Jahren und die Erstellung von sinnvollen Richtlinien zur instrumentellen akustischen Stimmanalyse in dieser Altersgruppe (siehe Tabelle 2). Dabei wurden die aktuellen Empfehlungen zur instrumentellen Analyse für Erwachsene berücksichtigt [3, 17], welche im Kindesalter bisher noch nicht erprobt wurden.

Als Unterziele wurden die Zusammenhänge von SLS und F_0 mit Jitter, beziehungsweise Shimmer, untersucht. Des weiteren wurden die Korrelationen zwischen den Variablen Alter, Geschlecht, Körpergewicht sowie Körpergrösse mit den Stimmparametern Jitter, Shimmer, F_0 und SLS bestimmt (siehe Tabelle 2).

Hauptziel:	<ul style="list-style-type: none"> – Erhebung eines normativen Datensatzes für Jitter und Shimmer, bei Kindern vom fünften bis zum zehnten Lebensjahr. – Beurteilung der Durchführbarkeit des Untersuchungsprotokolls in diesem Alterskollektiv und Formulierung von sinnvollen klinischen Richtlinien.
Unterziele:	<ul style="list-style-type: none"> – Bestimmung der Zusammenhänge zwischen: <ul style="list-style-type: none"> – SLS und Jitter, beziehungsweise Shimmer. – F_0 und Jitter, beziehungsweise Shimmer. – Körpergrösse und Jitter, beziehungsweise Shimmer. – Körpergewicht und Jitter, beziehungsweise Shimmer. – Geschlecht und F_0. – Geschlecht und SLS. – Alter und F_0. – Alter und SLS.

Tabelle 2: Zusammenfassung der Haupt- und Unterziele dieser Studie.

3. Methode

3.1 Rekrutierung

In dieser Querschnittsstudie wurden 68 stimmgesunde Kinder vor der Stimmmutation, insgesamt 39 Mädchen und 29 Jungen im Alter zwischen 4;0 bis 9;11 Jahren, eingeschlossen. Die Studienpopulation wurde pro Geschlecht in drei Altersgruppen aufgeteilt (siehe Abbildung 2): G1 (4;0 bis 5;9 Jahre), G2 (6;0 bis 7;9 Jahre), G3 (8;0 bis 9;9 Jahre).

Zur Rekrutierung wurden 380 Sets Studienunterlagen, bewilligt durch die kantonale Ethikkommission Zürich (KEK-ZH-Nr. 2010-0305/2), versehen mit einer Probandeninformation (siehe Anhang I), einer Einverständniserklärung (siehe Anhang II) und einem Fragebogen (siehe Anhang III), an drei Schulen und drei Kindergärten in der Stadt Zürich und Umgebung verteilt. Davon wurden 142 von den gesetzlichen Vertretern der Probanden unterschriebene Einverständniserklärungen, inklusive Fragebögen, retourniert (Ausschlüsse: siehe Resultateteil und Tabelle 5).

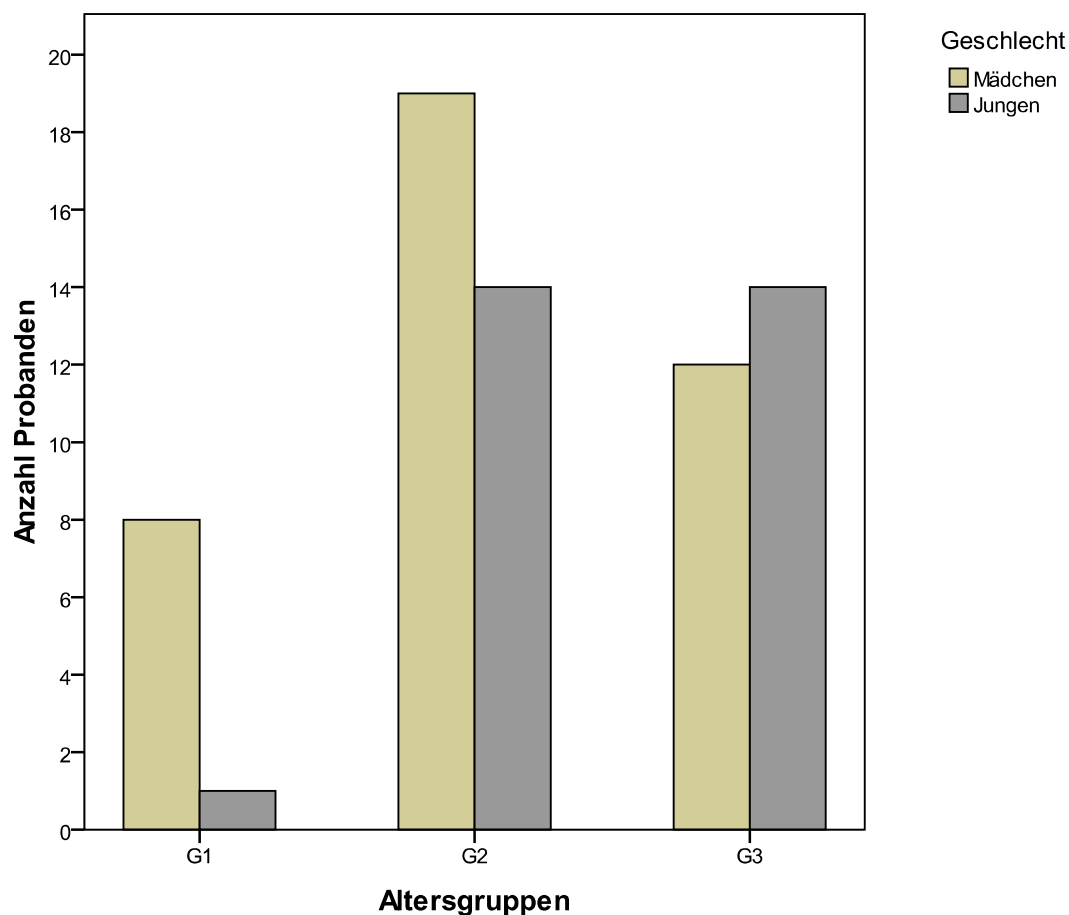


Abbildung 2: Verteilung der Probanden und Geschlechterverhältnis der rekrutierten Altersgruppen.
Altersgruppen: G1 (4;0 bis 5;9 Jahre), G2 (6;0 bis 7;9 Jahre), G3 (8;0 bis 9;9 Jahre).

3.2 Einschlusskriterien

Probanden [Der Einfachheit halber wird in der folgenden Abhandlung nur die männliche Form verwendet, automatisch ist damit aber auch die weibliche Form gemeint.] wurden aus der Studie ausgeschlossen, wenn eines oder mehrere der folgenden Kriterien nicht erfüllt wurden. Punkte 3-10 wurden fremdanamnestisch mittels Fragebogen erhoben (siehe Anhang III):

1. Der Proband ist zwischen 4;0 und 9;11 Jahren alt.
2. Der Stimmklang der spontanen Sprache wird anhand der GRBAS-Skala [9] als „unauffällig“ (Wert kleiner 1) bewertet.
3. Der Proband hatte keinen HNO-Infekt im letzten Monat.
4. Der Proband hat keine besondere Stimmbildung.
5. Der Proband hat keine Hörstörung.
6. Der Proband leidet nicht unter einer psychiatrischen oder neurologischen Erkrankung.
7. Der Proband leidet nicht unter einer akuten Exazerbation einer atopischen Diathese.
8. Der Proband hatte in den letzten 18 Monaten keine Operation mit Intubation und/oder keine Operation im HNO-Bereich.
9. Der Proband leidet nicht unter einer Refluxsymptomatik.
10. Der Proband nimmt keine für die Stimmfunktion relevanten Medikamente ein.
11. Der Proband ist nach maximal fünf Minuten Training in der Lage, den Vokal /a/ für mindestens fünf Sekunden in drei erkennbar verschiedenen Lautstärken („laut“, „mittel“, „leise“) zu phonieren.
12. Der Proband ist nach maximal fünf Minuten Training fähig den Vokal /a/ mindestens fünf Sekunden lang mit mindestens 80 dBA zu phonieren.

3.2.1 Nachträgliche Modifikationen der Einschlusskriterien

Die Fragebögen wurden von den Eltern zum Teil bis zu drei Wochen vor den Stimmaufnahmen ausgefüllt. Da im Winterhalbjahr Infekte der oberen Atemwege bei Kindern sehr verbreitet sind, waren diese Angaben am Aufnahmetag oft nicht mehr aktuell. Aus diesem Grund wurde auf die fremdanamnestischen Angaben aus den Fragebögen zur Beurteilung der Infekt- und Allergieaffektion der Stimme verzichtet. Die Beurteilung mittels der GRBAS-Skala [9] unmittelbar vor der Stimmaufnahme war diesbezüglich ausschlaggebend.

Vor allem jüngeren Kindern bereitete es bei den Stimmaufnahmen Schwierigkeiten, den Vokal /a/ mindestens fünf Sekunden lang zu phonieren. Deshalb wurden auch kürzere Aufnahmen von vier Sekunden eingeschlossen. Bei der späteren Auswahl des geeigneten Analyseintervalls, welches für alle Aufnahmen gleich positioniert und gleich lang ist, wurde dies berücksichtigt (siehe unten).

3.3 Aufnahmetechnik

Die Aufnahmen wurden anhand europäischer [1] und amerikanischer [2] Richtlinien zur instrumentellen akustischen Stimmanalyse erstellt. Die Teilnehmer wurden in einem möglichst ruhigen Raum der entsprechenden Schule oder Kindergarten aufgenommen. Es wurde ein Kopfbügelmikrofon (C444; AKG Acoustics GmbH [51]) mit einer Mikrofon-zu-Mund-Distanz von 10 cm benutzt. Weiter kamen ein Laptop und eine externe Soundkarte (TCD-D8; Sony [52]) mit einer Sampling-Rate von 48000 Hz mit 16 bits pro Sample zum Einsatz. Als Aufnahmesoftware diente Audacity 1.2.4b [11]. Zusätzlich wurde ein zweiter Bildschirm verwendet, welcher den Probanden als visuelles Feedback für SLS diente. Dabei wurde die dB-Skala aus Audacity mit dem markierten Referenzpunkt von 80 dBA in Echtzeit wiedergegeben.

Das Aufnahmesystem wurde jeweils vor den Stimmaufnahmen mit der Vergleichsmethode kalibriert [53]. Dabei wurde Speech Weighted Noise [54] mit 65, 75, 85 und 95 dBA aus einer Distanz von 10 cm von der Schallquelle aufgenommen. Von diesen Aufnahmen wurde mittels der Analysesoftware Praat (siehe unten) [6] der relative Schallpegel ermittelt. Aus der Differenz zwischen dem kalibrierten bekannten Schallpegel der Schallquelle und dem von Praat ermittelten relativen Wert wurde damit der Umrechnungsfaktor für die spätere Stimmanalyse ermittelt.

Es gilt zu beachten, dass sich durch die Stimmaufnahmen an verschiedenen Schulen Unterschiede in der Geräuschumgebung und Raumakustik ergaben. Trotz der Anwendung von akustischen Filterfunktionen bei der instrumentellen akustischen Analyse, wurden die Messungen dadurch beeinflusst [19]. Da die Lärmumgebung und die akustischen Bedingungen im klinischen Alltag ebenfalls oft stark variieren, wird dieser Störfaktor als akzeptabel betrachtet.

3.3.1 Analysesoftware Praat

Praat ist eine quelloffene Software für phonetische Analysen auf akustischer Signalebasis. Sie wurde am Institute of Phonetic Sciences an der Universität Amsterdam entwickelt

und ist bekannt für ihre vielseitigen akustischen Analysemethoden. Sie kann kostenlos aus dem Internet heruntergeladen werden unter: www.praat.org [6, 55].

3.4 Datensammlung

3.4.1 Stimmfunktion

Die Beurteilung des Stimmapparates auf seine Integrität basierte auf der perzeptiven Beurteilung mittels der GRBAS-Skala [9], unmittelbar vor den Stimmaufnahmen und dem Fragebogen mit fremdanamnестischen Angaben (siehe Anhang III). Die Stimmmutation wurde sowohl perzeptiv, wie auch mithilfe des Alters, ausgeschlossen [40, 56-59]. Die GRBAS-Skala hat sich als eine hinreichend sensitive Screeningmethode im Erkennen von Stimmpathologien erwiesen [60]. Aus diesem Grund wurde auf weitere Untersuchungen wie zum Beispiel eine allgemeine Hals-Nasen-Ohrenuntersuchung mit Videolaryngoskopie und otoakustischen Emissionen, wie in einer früheren Arbeit beschrieben [31], verzichtet.

3.4.2 Körpergrösse und Gewicht

Vor den Stimmaufnahmen wurden die Körpergrösse ohne Schuhwerk und das Körpergewicht mitsamt den Kleidern bestimmt.

3.4.3 Stimmaufnahmen

Der Untersuchungsablauf gliederte sich in zwei Aufgabenstellungen mit einer vorgängigen Übephase von jeweils maximal fünf Minuten:

a) Aufgabenstellung A

Die Probanden wurden gebeten, den Vokal /a/ in drei auditiv deutlich abgrenzbaren Lautstärkestufen „leise“, „mittel“, „laut“ fünf Sekunden lang zu phonieren. „Leise“ bedeutete eine Phonation so leise wie möglich ohne zu flüstern, „mittel“ als normale Sprechlautstärke und „laut“ als so laut wie möglich ohne zu schreien. Bei jedem Probanden wurden jeweils drei Stimmaufnahmen pro Lautstärkestufe in randomisierter Reihenfolge aufgenommen (= 9 Einzelaufnahmen).

b) Aufgabenstellung B

Die Probanden wurden gebeten, den Vokal /a/ mit mindestens 80 dBA fünf Sekunden lang zu phonieren ohne zu schreien. Auf einem separaten Bildschirm konnten die Probanden ihren tatsächlichen Schallpegel in Echtzeit überprüfen. Die gewünschte Mindestlautstärke von 80 dBA war dabei als Referenzpunkt markiert. Für jeden Probanden wurden drei Stimmaufnahmen erstellt.

Bei beiden Aufgabenstellungen wurde den Probanden per Handzeichen signalisiert, wann die fünf Sekunden vergangen waren. Bei der jüngsten Alterskohorte wurde dabei eine Fingerpuppe verwendet.

3.4.4 Akustische Stimmanalyse

Jede der zwölf Stimmaufnahmen eines Probanden wurde mit Hilfe der Software Audacity 1.2.4b [11] zu einer separaten Tondatei aufbereitet. Dabei wurden stimmfreie Intervalle vor Stimmeinsatz und nach Phonationsende gelöscht. Alle Aufnahmen wurden mit einem anonymen Zahlencode archiviert.

Die instrumentelle akustische Stimmanalyse wurde mit der Software Praat 5.1.03 [6] und einem Praat-Analyseskript durchgeführt. Um Stimmunregelmässigkeiten zu reduzieren, welche verstärkt bei Stimmeinsatz und -ende auftreten können, wurde als Analyseintervall die erste bis dritte Sekunde ab Stimmeinsatz verwendet.

In Tabelle 3 sind die mit Praat [6] gemessenen Parameter ersichtlich. Da für die Lautstärkestufen „leise“, „mittel“, „laut“ und „> 80 dBA“ intra- und interindividuell unterschiedliche SLS und F_0 erwartet wurden, wurde neben den primären Zielparametern Jitter und Shimmer auch SLS und F_0 bestimmt. In der Regel steigt in einem Individuum F_0 mit zunehmender Lautstärke an [43, 61].

Akustische Parameter	Bezeichnung in Praat	Einheit
Jitter	Jitter local %	%
Shimmer	Shimmer local %	%
SLS	Mean energy-intensity	dBA
F_0	Mean pitch	Hz

Tabelle 3: Verwendete akustische Parameter [6].

3.5 Statistische Analyse

3.5.1 Zielparameter

Aus Tabelle 4 sind die primären und sekundären Zielparameter dieser Studie ersichtlich. Entsprechend dem Hauptziel dieser Studie wurden Jitter und Shimmer als primäre Zielparameter definiert. Die Auswahl der sekundären Zielparameter orientierte sich an den Nebenzielen (siehe Tabelle 2).

Primäre Zielparameter	<ul style="list-style-type: none"> – Jitter (%) – Shimmer (%)
Sekundäre Zielparameter	<ul style="list-style-type: none"> – SLS (dBA) – F₀ (Hz) – Geschlecht (M: Mädchen; J: Jungen) – Alter (Jahre) – Körpergrösse (cm) – Körpergewicht (kg) – Lautstärkestufen („leise“, „mittel“, „laut“, „> 80 dBA“)

Tabelle 4: Primäre und sekundäre Zielparameter

3.5.2 Statistische Analyse

Für jede untersuchte Lautstärkestufe („leise“, „mittel“, „laut“ und „> 80 dBA“) wurden jeweils drei Stimmnahmen pro Proband analysiert. Davon wurden die Mittelwerte der gemessenen Stimmparameter (Jitter, Shimmer, SLS, F₀) in Excel [62] berechnet und kodiert. In einem weiteren Schritt wurden diese Daten mittels SPSS ausgewertet [63]. Dabei wurden Ergebnisse mit einem p-Wert kleiner 0.05 als statistisch signifikant interpretiert. Es wurden deskriptive Statistiken für die vier Stimmparameter in allen vier Lautstärkestufen mit folgenden Kennzahlen erstellt:

- Mittelwert mit Standardfehler (SE)
- 95%-Konfidenz-Intervall (95%-Ki) mit Ober- und Untergrenze
- Medianwert
- Standardabweichung (SD)
- Minimum: minimaler Messwert
- Maximum: maximaler Messwert
- Spannweite: Differenz zwischen Maximum und Minimum
- Interquartilbereich (IQR)

Die Zusammenhänge entsprechend den Nebenzielen in Tabelle 2 wurden mittels der SPSS-Methode „lineare gemischte Modelle: zufällige Effekte“ (LGM) untersucht [63]. Diese Methode wurde ausgewählt, da Messwiederholungen innerhalb eines Individuums ähnlicher sind als solche von verschiedenen Individuen. In der vorliegenden Studie heisst das konkret, dass die Messwerte der einzelnen Stimmparameter eines Probanden in den vier untersuchten Lautstärkestufen indirekt abhängig voneinander sind. Diesen Umstand nennt man „zufälligen Effekt“. Gleichzeitig werden in dieser Studie jedoch auch unabhängige, sogenannte „feste Effekte“, wie zum Beispiel der Zusammenhang zwischen Alter und SLS untersucht. Eine einfaktorielle ANOVA mit zusätzlichem Post-hoc-Mehrfachvergleich, wie zum Beispiel die Scheffé-Prozedur könnte diesem Umstand nicht gerecht werden. Dabei würden nur feste, nicht aber zufällige Effekte berücksichtigt

werden. LGM berücksichtigt sowohl feste wie auch zufällige Effekte. Die Werte der verschiedenen Lautstärkestufen können damit unabhängig voneinander interpretiert werden.

Mit diesen Überlegungen wurde in einem ersten Schritt der Einfluss der vier Lautstärkestufen („leise“, „mittel“, „laut“, „> 80 dBA“) auf die Mittelwerte von F_0 , SLS, Jitter und Shimmer mittels ANOVA untersucht. In einem weiteren Schritt wurde mittels LGM zu allen Lautstärkestufen die Zusammenhänge zwischen den erklärenden Variablen Geschlecht, Alter, Grösse, Gewicht, sowie Lautstärkestufen und den Stimmparametern Jitter, Shimmer, SLS, sowie F_0 berechnet. Dieselben Analysen wurden zudem separat innerhalb der Lautstärkestufe „> 80 dBA“ wiederholt.

Da sich keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den möglichen erklärenden Variablen Geschlecht, Alter, Grösse und Gewicht mit Jitter, Shimmer, SLS oder F_0 ergaben, wurden die drei geschlechtergetrennt rekrutierten Alterskohorten in eine gemeinsame Gruppe zusammengeführt. Basierend auf diesen Daten wurden folgende Perzentilen für Jitter, Shimmer, SLS und F_0 der Aufnahmelautstärke „> 80 dBA“ ermittelt: 5%, 10%, 25%, 50%, 75%, 90% und 95%. Des Weiteren wurden für die vier Lautstärkestufen („leise“, „mittel“, „laut“, „> 80 dBA“) Punktediagramme von Jitter und SLS sowie von Shimmer und SLS erzeugt.

4. Resultate

4.1 Aufgenommene Kohorten

Von 380 angefragten Probanden erhielten 142 von den gesetzlichen Vertretern das Einverständnis zur Teilnahme an der Studie. Davon waren 17 Probanden am Aufnahmetag nicht anwesend. An insgesamt 9 Tagen wurden 125 Stimmen in den jeweiligen Schulen aufgezeichnet.

Alle Stimmaufnahmen wurden von Frau Dr. Meike Brockmann-Bauser PhD MSc perzeptiv auf Aufnahme- und Stimmqualität überprüft. 50 Aufnahmen wurden dabei ausgeschieden. Zusätzlich schieden 7 Probanden aus, welche bereits das zehnte Lebensjahr überschritten hatten und fälschlicherweise aufgenommen wurden. Die Ausschlussgründe sind in Tabelle 5 zusammengefasst und werden im Diskussionsteil detailliert besprochen.

	Probandenzahl
Rekrutierung	
Total versendete Studienunterlagen	380
Total retournierte Unterlagen	142
Abwesenheit am Aufnahmetag	17
Ausschlüsse	
Alter > 10. Lebensjahr	7
GRBAS > 1	12
Mangelhafte Aufnahmetechnik	16
Mangelhafte Aufgabendurchführung	19
Weitere Ausschlussgründe	3
Total eingeschlossene Aufnahmen	68

Tabelle 5: Zusammenfassung Rekrutierung und Ausschlussgründe.

In Tabelle 6 sind die Probandenanzahl und das Geschlechterverhältnis der drei Altersgruppen (G1: 4;0 bis 5;9 Jahre, G2: 6;0 bis 7;9 Jahre, G3: 8;0 bis 9;9 Jahre) ersichtlich. Das mittlere Alter aller Kinder beträgt 7;6 Jahre. In G1 fällt ein starkes Ungleichgewicht der Geschlechter zugunsten der Mädchen auf (siehe auch Abbildung 2). Zudem wurden in dieser Altersgruppe deutlich mehr Stimmaufnahmen aufgrund einer mangelhaften Aufgabendurchführung verworfen als in G2 und G3 (siehe Abbildung 3 und Tabelle 7).

	Total	G1	G2	G3
N	68	9	33	26
(%)	100	13	49	38
M	39	8	19	12
J	29	1	14	14
mittleres Alter (min./ max.)	7;6 (5;0/ 9;11)	5;5 (5;0/ 5;9)	7;0 (6;0/ 7;11)	8;11 (8;3/ 9;11)

Tabelle 6: Probandenanzahl, Altersverteilung und Geschlechterverhältnis der definitiv eingeschlossenen Probanden. Altersgruppen: G1: 4;0 bis 5;9 Jahre, G2: 6;0 bis 7;9 Jahre, G3: 8;0 bis 9;9 Jahre; N: absolute Anzahl der Probanden; N (%): Anzahl der Probanden in Prozent; M: Mädchen; J: Jungen.

4.1.1 Ausschlüsse aufgrund nicht erfüllter Aufgabendurchführung

Tabelle 7 zeigt eine separate Übersicht zu den Studienausschlüssen bezüglich nicht erfüllter Aufgabenstellung (siehe Unterziel Tabelle 2). Zwischen Ausschlüssen aufgrund einem mangelhaften Aufgabenverständnis und einer mangelhaften Aufgabenumsetzung wurde dabei nicht unterschieden. Häufigster Ausschlussgrund war eine zu kurze Phonationsdauer. Des Weiteren wurden Probanden ausgeschieden, welche mit stark fluktuierender F_0 oder SLS phonierten. Ebenso wurden Stimmaufnahmen verworfen, wenn sich die Lautstärkestufen eines Probanden perzeptiv nicht deutlich voneinander abgrenzen liessen.

	Aufnahmen total, inkl. Ausschlüsse	Ausschlüsse total	Ausschlüsse in Alterskohorten					
			G1		G2		G3	
			N	N (%)	N	N (%)	N	N (%)
Alle Probanden	87	19	13	69	4	21	2	10
Mädchen	47	8	7	88	0	0	1	12
Jungen	40	11	6	55	4	36	1	9

Tabelle 7: Geschlechtergetrennte Übersicht zu den Ausschlüssen aufgrund nicht erfüllter Aufgabendurchführung. G1-3: Altersgruppen: G1: 4;0 bis 5;9 Jahre, G2: 6;0 bis 7;9 Jahre, G3: 8;0 bis 9;9 Jahre; N: Anzahl Ausschlüsse aufgrund nicht erfüllter Aufgabenstellung; N (%): Prozentualer Anteil der Ausschlüsse pro Altersgruppe.

Von insgesamt 87 Stimmaufnahmen wurden 19 wegen nicht erfüllter Aufgabenstellung ausgeschlossen (siehe Tabelle 7). Dabei fällt auf, dass 69% aller Ausschlüsse in der Altersgruppe G1 (4;0 bis 5;11 Jahre) zustande kamen. 88% der Ausschlüsse weiblicher Probanden kamen in dieser Altersgruppe zu liegen. Bei den Jungen war es die Hälfte. Gut ein Drittel der Ausschlüsse männlicher Probanden kam in der nächst höheren Altersgruppe G2 (6;0 bis 7;11 Jahre) zu liegen. Im Vergleich dazu kam es bei den Mädchen zu keinem Ausschluss.

Aus Abbildung 3 ist ersichtlich, dass mehr als die Hälfte der Probanden in der Altersgruppe G1 Schwierigkeiten mit der korrekten Durchführung der Aufgabenstellung hatte. In den beiden folgenden Altersgruppen gab es deutlich weniger Schwierigkeiten.

Da jedoch die Teilnehmerzahl der Studie klein, die Verteilung über die Altersgruppen nicht proportional und das Geschlechterverhältnis vor allem in G1 unausgewogen sind, hat diese Beobachtung nur eine eingeschränkte Aussagekraft.

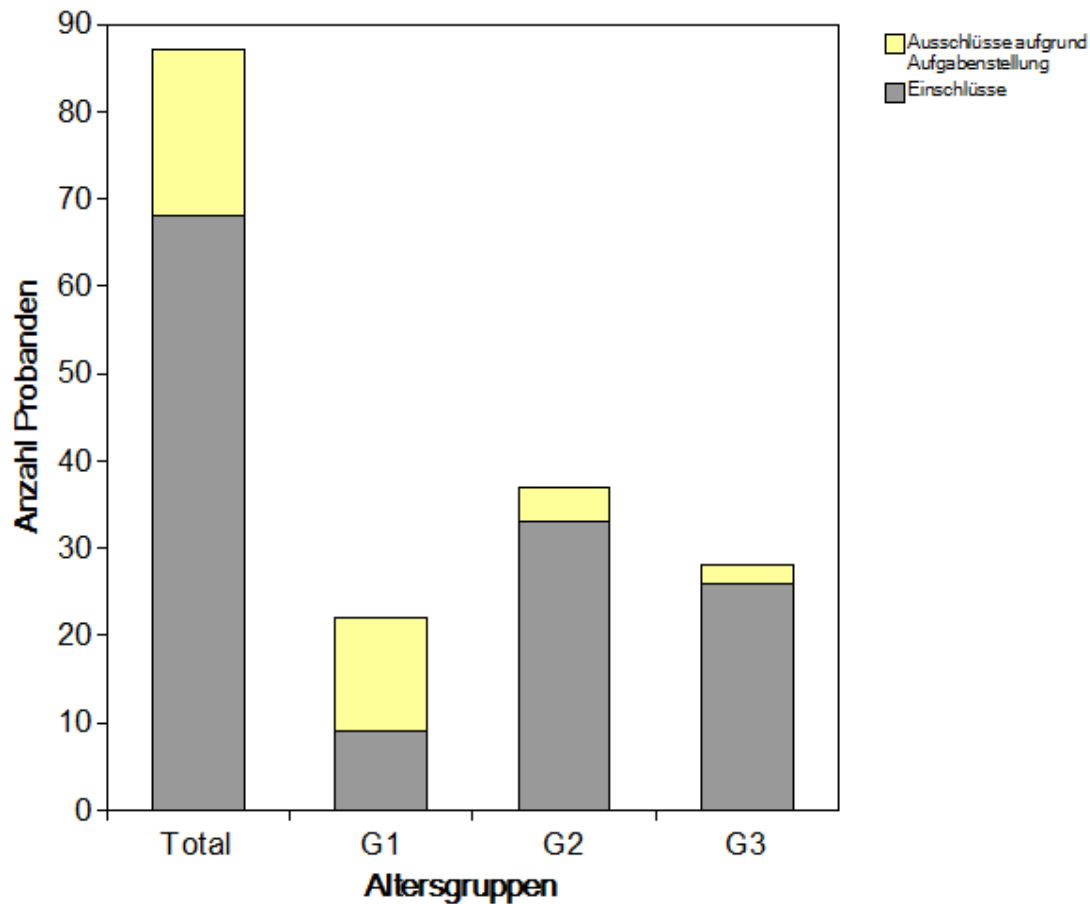


Abbildung 3: Anzahl Ausschlüsse aufgrund nicht erfüllter Aufgabenstellung und Anzahl definitiver Einschlüsse.
 Altersgruppen: G1: 4;0 bis 5;9 Jahre, G2: 6;0 bis 7;9 Jahre, G3: 8;0 bis 9;9 Jahre.

4.2 Einflussfaktoren auf die Stimmparameter Jitter, Shimmer, SLS und F_0

4.2.1 Einfluss von Geschlecht, Alter, Grösse und Gewicht

In einem ersten Schritt wurden mögliche Einflussfaktoren wie Geschlecht, Alter, Grösse sowie Gewicht und ihre Auswirkungen auf die Stimmparameter Jitter, Shimmer, SLS und F_0 untersucht. Zusammenhänge zwischen diesen Faktoren und den Stimmparametern wurden sowohl in allen Lautstärkestufen, als auch separat für die Lautstärkestufe „> 80 dBA“ ermittelt. In Tabelle 8 werden die mittels LGM (siehe Methodenteil) berechneten p-Werte zusammengefasst.

Mit einem vorausgesetzten p-Wert von jeweils kleiner als 0.05 finden sich keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den Stimmparametern Jitter, Shimmer, SLS und F_0 mit dem Geschlecht, dem Alter, der Grösse, sowie dem Gewicht. Aufgrund dieser

Resultate wurden die Daten der drei geschlechtergetrennt rekrutierten Altersgruppen für alle nachfolgenden deskriptiven Berechnungen zu einem einzigen Kollektiv vereint und gemeinsam ausgewertet.

	p-Wert (Alle Lautstärke- stufen)	p-Wert („> 80 dBA“)
SLS		
Geschlecht	.88	.83
Alter	.53	.35
Grösse	.99	.68
Gewicht	.56	.89
F₀		
Geschlecht	.27	.99
Alter	.60	.54
Grösse	.29	.13
Gewicht	.99	.35
Jitter		
Geschlecht	.75	.39
Alter	.50	.99
Grösse	.44	.88
Gewicht	.99	.56
Shimmer		
Geschlecht	.88	.12
Alter	.42	.24
Grösse	.78	.23
Gewicht	.93	.21

Tabelle 8: Zusammenhänge zwischen den Stimmparametern (Jitter, Shimmer, SLS, F₀) und den Faktoren Geschlecht, Alter, Grösse, sowie Gewicht. Berechnet mit LGM sowohl für alle Lautstärke-*stufen* („leise“, „mittel“, „laut“, „> 80 dBA“) als auch explizit für die Lautstärke-*stufe* („> 80 dBA“).

4.2.2 Einfluss der Lautstärke-*stufen*

In einem weiteren Schritt wurde der Einfluss der Lautstärke-*stufen* „leise“, „mittel“, „laut“, „> 80 dBA“ auf die Stimmparameter analysiert. Das heisst für jeden einzelnen Stimmparameter wurde untersucht, ob sich die Gesamtheit der Mittelwerte innerhalb einer Lautstärke-*stufe* signifikant von den Werten der übrigen Lautstärke-*stufen* unterscheiden.

Die Analyse erfolgte zuerst mittels ANOVA. Alle Zusammenhänge waren mit einem p-Wert von jeweils kleiner als 0.01 signifikant. Die Stimmparameter der verschiedenen Lautstärke-*stufen* lassen sich mit dieser Analyse-*methode* demnach als eigenständige Grössen voneinander abgrenzen.

Dieselben Zusammenhänge wurden nachfolgend mit LGM untersucht. In dieser Methode werden neben festen auch zufällige Effekte berücksichtigt (siehe Abschnitt statistische Analyse im Methodenteil). Sie ist für die vorliegenden Untersuchungen aussagekräftiger als ANOVA.

Ergebnisse für SLS

Die Probanden haben in den unterschiedlichen Lautstärkestufen jeweils in deutlich abgrenzbaren Lautstärken phoniert. Sowohl mittels ANOVA ($p < 0.01$), wie auch mittels LGM ist der Unterschied zwischen SLS und den vier verschiedenen Lautstärkestufen signifikant (siehe Tabelle 9).

	p-Wert	95%-Ki (dBA)	
		Ug	Og
Leise	<.01	-23.44	-20.85
Mittel	<.01	-16.51	-13.93
Laut	<.01	-7.21	-4.63
„> 80 dBA“	.	.	.

Tabelle 9: Analyse mittels LGM: Zusammenhänge zwischen SLS (dBA) und den Lautstärkestufen „leise“, „mittel“, „laut“, „> 80 dBA“. „> 80 dBA“ gilt als „base-linie“ für die Berechnung. 95%-Ki: 95%-Konfidenzintervall des Mittelwertes; Ug: Untergrenze; Og: Obergrenze.

Ergebnisse für F_0

Die p-Werte in ANOVA ($p < 0.01$) wie auch in LGM (siehe Tabelle 10) zeigen einen signifikanten Unterschied zwischen den vier Lautstärkestufen. Jedoch überlappen sich die 95%-Konfidenzintervalle von „leise“ und „mittel“ beinahe deckungsgleich. Die F_0 -Werte dieser beiden Lautstärkestufen können demnach nicht klar voneinander abgegrenzt werden.

	p-Wert	95%-Ki (Hz)	
		Ug	Og
Leise	<.01	-68.84	-47.18
Mittel	<.01	-68.89	-47.55
Laut	<.01	-39.11	-17.76
„> 80 dBA“	.	.	.

Tabelle 10: Analyse mittels LGM: Zusammenhänge zwischen F_0 (Hz) und den Lautstärkestufen „leise“, „mittel“, „laut“, „> 80 dBA“. „> 80 dBA“ gilt als „base-linie“ für die Berechnung. 95%-Ki: 95%-Konfidenzintervall des Mittelwertes; Ug: Untergrenze; Og: Obergrenze.

Ergebnisse für Jitter

Mittels ANOVA ergibt sich mit einem p-Wert von kleiner als 0.01 ein signifikanter Unterschied zwischen den vier Lautstärkestufen ($p < 0.01$). Jedoch findet sich in der Analyse mittels LGM bei einem p-Wert von 0.45 kein Unterschied zwischen „> 80 dBA“ und „laut“ (siehe Tabelle 11). Zusätzlich besteht eine Überlappung der 95%-Konfidenzintervalle von „mittel“ und „laut“. Die Jitterwerte der Lautstärkestufen „mittel“, „laut“ und „> 80 dBA“ können demnach nur von der Lautstärkestufe „leise“ signifikant abgegrenzt werden.

	p-Wert	95%-Ki (%)	
		Ug	Og
Leise	<.01	0.82	1.18
Mittel	.01	0.06	0.41
Laut	.45	-0.11	0.24
„> 80 dBA“	.	.	.

Tabelle 11: Analyse mittels LGM: Zusammenhänge zwischen Jitter (%) und den Lautstärkestufen „leise“, „mittel“, „laut“, „> 80 dBA“. „> 80 dBA“ gilt als „base-linie“ für die Berechnung. 95%-Ki: 95%-Konfidenzintervall des Mittelwertes; Ug: Untergrenze; Og: Obergrenze.

Ergebnisse für Shimmer

Sowohl mittels ANOVA ($p < 0.01$), wie auch mittels LGM ist der Unterschied zwischen den vier Lautstärkestufen signifikant (siehe Tabelle 12). Die Shimmerwerte der einzelnen Lautstärkestufen können als voneinander unabhängige Größen angesehen werden.

	p-Wert	95%-Ki (%)	
		Ug	Og
Leise	<.01	9.20	10.95
Mittel	<.01	4.27	6.00
Laut	<.01	0.89	2.62
„> 80 dBA“	.	.	.

Tabelle 12: Analyse mittels LGM: Zusammenhänge zwischen Shimmer (%) und den Lautstärkestufen „leise“, „mittel“, „laut“, „> 80 dBA“. „> 80 dBA“ gilt als „base-linie“ für die Berechnung. 95%-Ki: 95%-Konfidenzintervall des Mittelwertes; Ug: Untergrenze; Og: Obergrenze.

4.3 Deskriptive Analyse der Stimmlautstärke (SLS) pro Lautstärkestufe

In Tabelle 13 sind Mittelwerte, Standardabweichungen, Angaben zum 95%-Konfidenzintervall, sowie weitere deskriptive Angaben zu SLS der vier verschiedenen Lautstärkestufen aufgelistet. In Abbildung 4 wird die Streuung der Daten und deren Symmetrie mittels Boxplot-Graphik veranschaulicht.

In den ansteigenden, signifikant voneinander abgrenzbaren Lautstärkestufen ($p < 0.01$), wurde tatsächlich auch lauter phoniert. Dies ist durch die Zunahme der Mittelwerte von 69.3 dBA bei leiser bis 85.5 dBA bei lauter Phonation ersichtlich. Gleichzeitig zeigen die Messungen mit zunehmender Lautstärke weniger Streubreite. Sowohl der Standardfehler, die Standardabweichung, die Spannweite, wie auch die Ausreisser zeigen dieses Verhalten (siehe Abbildung 4).

Der Mittelwert bei „lauter“ Phonation liegt wie der Mittelwert der Lautstärkestufe „> 80 dBA“ über 80 dBA. Bei „lauter“ Phonation wurde im Vergleich zu „> 80 dBA“ leiser phoniert. Die minimale Lautstärke bei „> 80 dBA“ ist mit 83.8 dBA tatsächlich über der 80 dBA-Marke. Bei „lauter“ Phonation fällt die minimale Lautstärke mit 69.9 dBA deutlich unter die 80 dBA-Grenze, was sich in einer stärkeren Streuung widerspiegelt. In den Boxplot-Graphiken zeigt sich eine Asymmetrie der Datenverteilung (siehe Abbildung 4).

	leise (n=68)		mittel (n=68)		laut (n=68)		> 80 dBA (n=68)	
	SLS (dBA)	SE	SLS (dBA)	SE	SLS (dBA)	SE	SLS (dBA)	SE
Mittelwert	69.3	.71	76.2	.68	85.5	.73	91.4	.44
95%-Ki	Ug		74.8		84.0		90.5	
	Og		77.5		86.9		92.3	
Median	68.5		75.3		86.2		91.7	
SD	5.8		5.6		6.0		3.6	
Minimum	55.1		62.7		69.9		83.8	
Maximum	84.8		93.8		97.6		99.4	
Spannweite	29.7		31.1		27.7		15.6	
IQR	6.1		6.4		9.7		4.9	

Tabelle 13: Deskriptive Angaben zu SLS (dBA) in den vier Lautstärkestufen. n: Anzahl Probanden; SE: Standardfehler; 95%-Ki: 95%-Konfidenzintervall des Mittelwertes; Ug: Untergrenze; Og: Obergrenze; SD: Standardabweichung; IQR: Interquartilbereich.

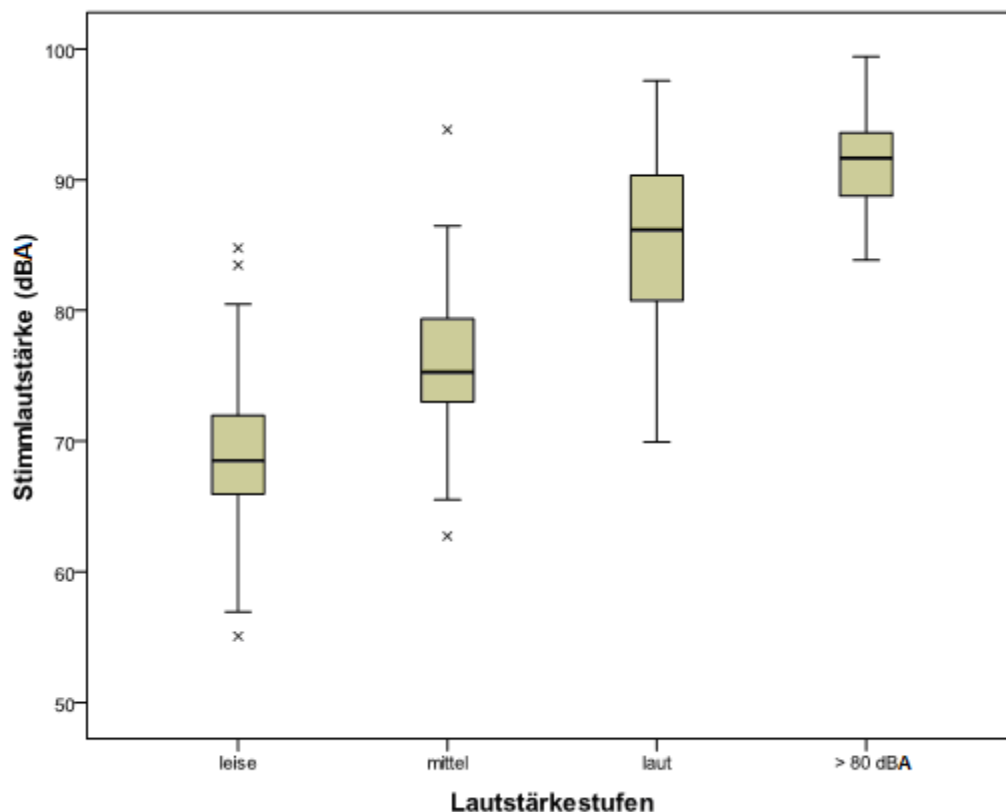


Abbildung 4: Boxplot-Graphik zu SLS (dBA) in den vier Lautstärkestufen. Gezeigt werden der Medianwert, die obere und untere Quartilgrenze, sowie der daraus resultierende Interquartilsabstand (IQR). Weiter werden der obere und untere Whisker (Maximum resp. Minimum der Daten < als 1,5 x IQR) und die Ausreisser (> 1,5 x IQR) abgebildet.

4.4 Deskriptive Analyse der Grundfrequenz (F_0) pro Lautstärkestufe

In Tabelle 14 sind Mittelwerte, Standardabweichungen, Angaben zum 95%-Konfidenzintervall und Medianwerte, sowie weitere deskriptive Angaben zu F_0 in den vier Lautstärkestufen aufgelistet. In Abbildung 5 wird die Streuung der Daten und deren Symmetrie mittels Boxplot-Graphik veranschaulicht.

Es ist ersichtlich, dass sich die F_0 -Werte der Lautstärkestufen „leise“ und „mittel“ wenig unterscheiden. Dies wird statistisch mittels ANOVA ($p < 0.01$) und LGM (siehe Tabelle 9) bestätigt. Ansteigend von der Lautstärkenstufe „mittel“ bis „> 80 dBA“ zeigt sich eine signifikante Zunahme von F_0 . Je lauter die Phonation, desto höher ist demnach die Grundfrequenz.

In allen Gruppen haben sich Ausreisser gebildet. Sowohl bei der Aufgabenstellung „leise“, wie auch bei „> 80 dBA“ bildeten sich die grössten Interquartilbereiche. Die Streuung bei „laut“ ist grösser als bei „> 80 dBA“. In den Boxplot-Graphiken zeigt sich eine Asymmetrie der Datenverteilung (siehe Abbildung 5).

		leise (n=68)		mittel (n=68)		laut (n=68)		> 80 dBA (n=68)	
		f0 (Hz)	SE	f0 (Hz)	SE	f0 (Hz)	SE	f0 (Hz)	SE
Mittelwert		271.4	5.1	270.2	5.4	300.0	6.7	328.4	6.2
95%-Ki	Ug	261.2		259.4		286.7		316.0	
	Og	281.5		281.0		313.3		340.9	
Median		271.1		263.5		289.7		316.9	
SD		40.8		44.6		55.0		51.4	
Minimum		208.0		196.0		202.6		231.8	
Maximum		407.4		474.2		561.4		513.4	
Spannweite		199.4		278.3		358.8		281.6	
IQR		55.3		48.1		49.4		60.6	

Tabelle 14: Deskriptive Angaben zu F_0 (Hz) in den vier Lautstärkestufen. n: Anzahl Probanden; SE: Standardfehler; 95%-Ki: 95%-Konfidenzintervall des Mittelwertes; Ug: Untergrenze; Og: Obergrenze; SD: Standardabweichung; IQR: Interquartilsbereich.

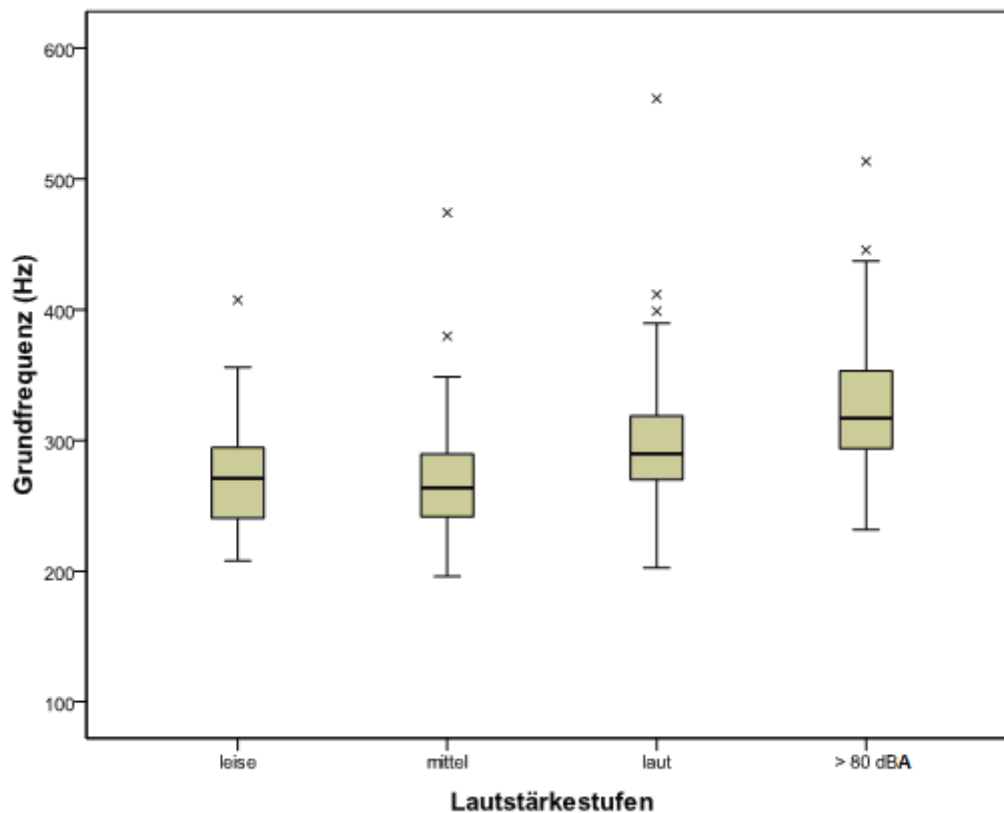


Abbildung 5: Boxplot-Graphik zu F_0 (Hz) in den vier untersuchten Lautstärkestufen. Gezeigt werden der Medianwert, die obere und untere Quartilgrenze, sowie der daraus resultierende Interquartilsabstand (IQR). Weiter werden der obere und untere Whisker (Maximum resp. Minimum der Daten < als $1,5 \times \text{IQR}$) und die Ausreißer ($> 1,5 \times \text{IQR}$) abgebildet.

4.5 Deskriptive Analyse von Jitter pro Lautstärkestufe

In Tabelle 15 sind Mittelwerte, Standardabweichungen, Angaben zum 95%-Konfidenzintervall und Medianwerte, sowie weitere deskriptive Angaben zu Jitter in den vier Lautstärkestufen aufgelistet. In Abbildung 6 wird die Streuung der Daten und deren Symmetrie mittels Boxplot-Graphik veranschaulicht. Im Punktediagramm der Abbildung 7 werden die einzelnen Mittelwerten von Jitter der tatsächlichen Stimmlautstärke (SLS) in den vier verschiedenen Lautstärkestufen gegenübergestellt.

Mit zunehmender Lautstärke wird der Mittelwert von Jitter systematisch kleiner: von 1.27% bei leiser Phonation nimmt er auf 0.34% bei lauter Phonation ab. Gleichzeitig verengt sich die Streubreite. Ausreisser rücken näher an den Medianwert, was an der sich reduzierenden Spannweite wiedergespiegelt wird. Stark ausgeprägt ist dieses Verhalten zwischen der Lautstärkestufe „leise“ und „mittel“. Aber auch zwischen „mittel“ und „> 80 dBA“ zeigt sich dies statistisch signifikant (siehe Tabelle 11). Der Mittelwert, wie auch die Streuung sind bei „> 80 dBA“ am kleinsten. Jedoch lassen sich rein rechnerisch „mittel“ und „laut“, sowie „laut“ und „> 80 dBA“ nicht signifikanten voneinander abgrenzen (siehe Tabelle 11).

Im Punktediagramm von Abbildung 7 wird der Trend zu kleineren Mittelwerten und kleinerer Streuung graphisch verdeutlicht. Der Bereich um 80 dBA zeichnet sich als ungefährender Wendepunkt ab, ab dem sich die einzelnen Jitterwerte auf ähnlichem Niveau einpendeln. In den Boxplot-Graphiken findet sich eine Asymmetrie der Datenverteilung mit starker Ausprägung in der Lautstärkestufe „leise“.

	leise (n=65)		mittel (n=68)		laut (n=68)		> 80 dBA (n=68)	
	Jitter (%)	SE	Jitter (%)	SE	Jitter (%)	SE	Jitter (%)	SE
Mittelwert	1.27	0.14	0.50	0.03	0.34	0.02	0.27	0.01
95%-Ki	Ug	0.99	0.44		0.30		0.24	
	Og	1.54	0.57		0.37		0.29	
Median	0.98		0.46		0.30		0.24	
SD	1.11		0.26		0.13		0.10	
Minimum	0.24		0.22		0.16		0.12	
Maximum	6.90		2.03		0.77		0.61	
Spannweite	6.66		1.81		0.61		0.49	
IQR	0.96		0.26		0.16		0.12	

Tabelle 15: Deskriptive Angaben zu Jitter (%) in den vier Lautstärkestufen. n: Anzahl Probanden; SE: Standardfehler; 95%-Ki: 95%-Konfidenzintervall des Mittelwertes; Ug: Untergrenze; Og: Obergrenze; SD: Standardabweichung; IQR: Interquartilbereich.

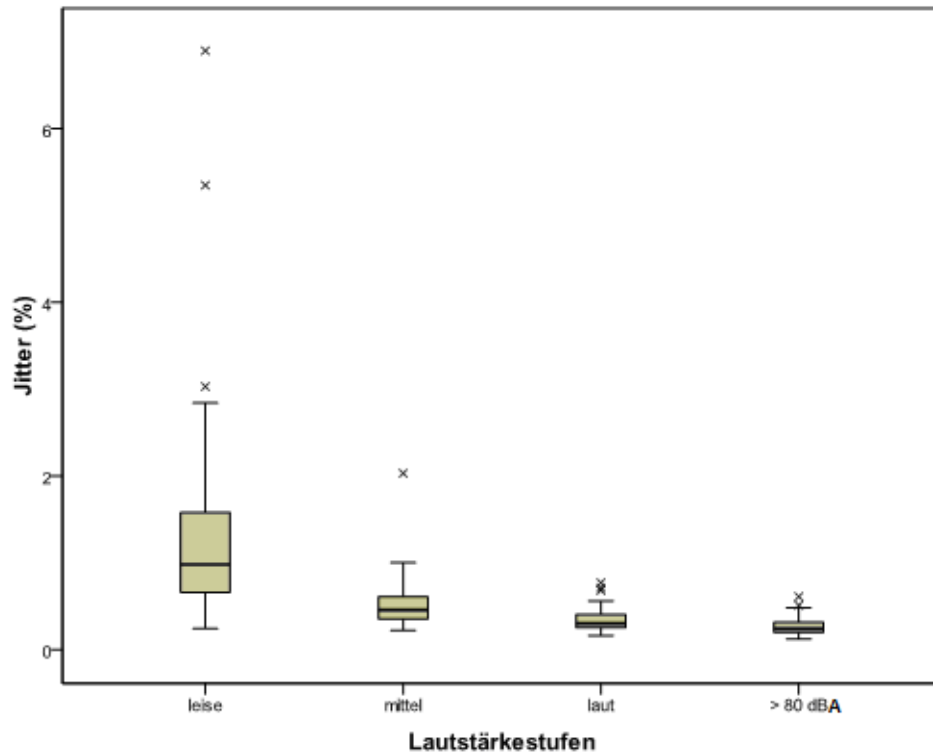


Abbildung 6: Boxplot-Graphik zu Jitter (%) in den vier Lautstärkestufen. Gezeigt werden der Medianwert, die obere und untere Quartilgrenze, sowie der daraus resultierende Interquartilsabstand (IQR). Weiter werden der obere und untere Whisker (Maximum resp. Minimum der Daten < als 1,5 x IQR) und die Ausreisser (> 1,5 x IQR) abgebildet.

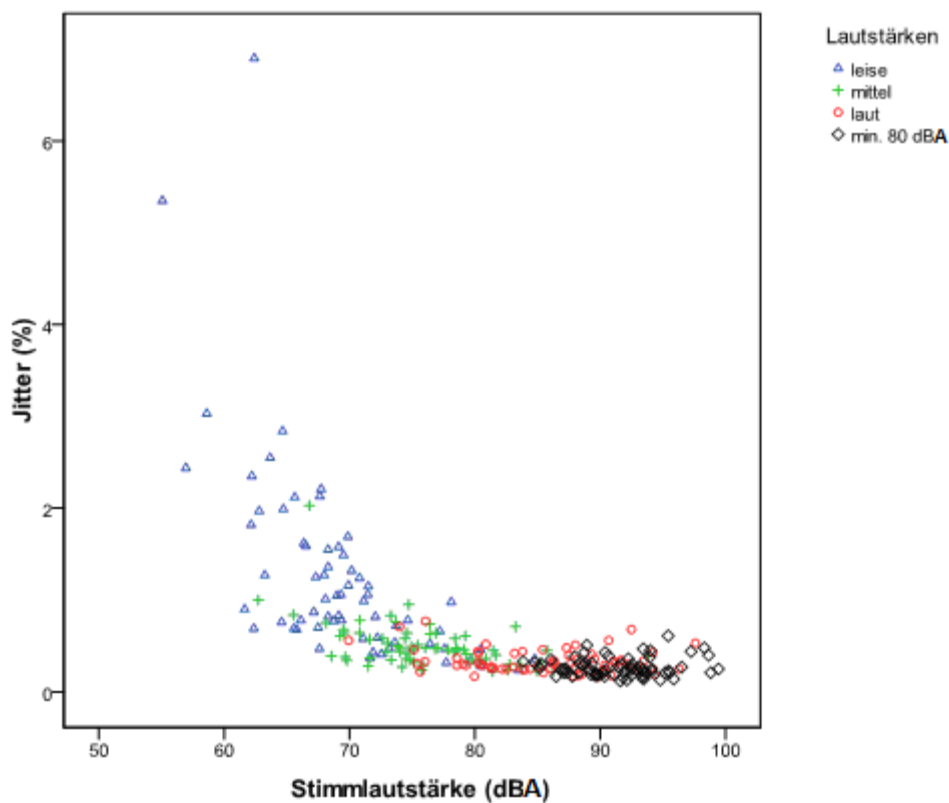


Abbildung 7: Punktediagramm mit Gegenüberstellung der einzelnen Jitterwerte (%) zur tatsächlichen Stimmlautstärke (dBA) in den vier untersuchten Lautstärkestufen.

4.6 Deskriptive Analyse von Shimmer pro Lautstärkestufe

In Tabelle 16 sind Mittelwerte, Standardabweichungen, Angaben zum 95%-Konfidenzintervall und Medianwerte, sowie weitere deskriptive Angaben zu Shimmer in den vier Lautstärkestufen aufgelistet. In Abbildung 8 wird die Streuung der Daten und deren Symmetrie bildlich mittels Boxplot-Graphik veranschaulicht. Im Punktediagramm der Abbildung 9 werden die einzelnen Mittelwerten von Shimmer der tatsächlichen Stimmlautstärke (SLS) in den vier verschiedenen Lautstärkestufen gegenübergestellt.

Mit zunehmender Lautstärke werden die Mittelwerte von Shimmer mit 14.40% bei leiser Phonation bis 6.09% bei lauter Phonation systematisch kleiner. Gleichzeitig verengt sich die Streubreite. Ausreisser rücken näher an den Medianwert oder verschwinden ganz. Die Spannweite reduziert sich. Am stärksten ausgeprägt ist diese Zunahme an Stabilität in der Lautstärkestufe „> 80 dBA“. Diese Beobachtungen werden durch die hochsignifikanten Unterschiede, resultierend aus der statistischen Analyse mittels ANOVA und LGM (siehe Tabelle 12), gestützt.

Im Punktediagramm der Abbildung 9 wird der Trend zu kleineren Mittelwerten und kleinerer Streuung graphisch verdeutlicht. Der Bereich um 75 bis 80 dBA zeichnet sich als ungefährer Wendepunkt ab, ab dem sich die einzelnen Shimmerwerte auf ähnlichem Niveau einpendeln. Dies aber nicht so deutlich wie bei der graphischen Veranschaulichung der Jitterwerte in Abbildung 7. In den Boxplot-Graphiken zeigt sich eine deutliche Asymmetrie der Datenverteilung (siehe Abbildung 8).

	leise (n=65)		mittel (n=68)		laut (n=68)		> 80 dBA (n=68)	
	Shimmer (%)	SE	Shimmer (%)	SE	Shimmer (%)	SE	Shimmer (%)	SE
Mittelwert	14.40	0.55	9.47	0.42	6.09	0.28	4.34	0.20
95%-Ki	Ug	13.30	8.63		5.53		3.93	
	Og	15.49	10.31		6.66		4.74	
Median	15.29		8.80		5.59		4.02	
SD	4.43		3.47		2.34		1.68	
Minimum	3.81		3.84		2.77		1.61	
Maximum	21.41		19.57		12.82		7.92	
Spannweite	17.60		15.73		10.05		6.31	
IQR	7.22		4.53		2.98		2.43	

Tabelle 16: Deskriptive Angaben zu Shimmer (%) in den vier Lautstärkestufen. n: Anzahl Probanden; SE: Standardfehler; 95%-Ki: 95%-Konfidenzintervall des Mittelwertes; Ug: Untergrenze; Og: Obergrenze; SD: Standardabweichung; IQR: Interquartilbereich.

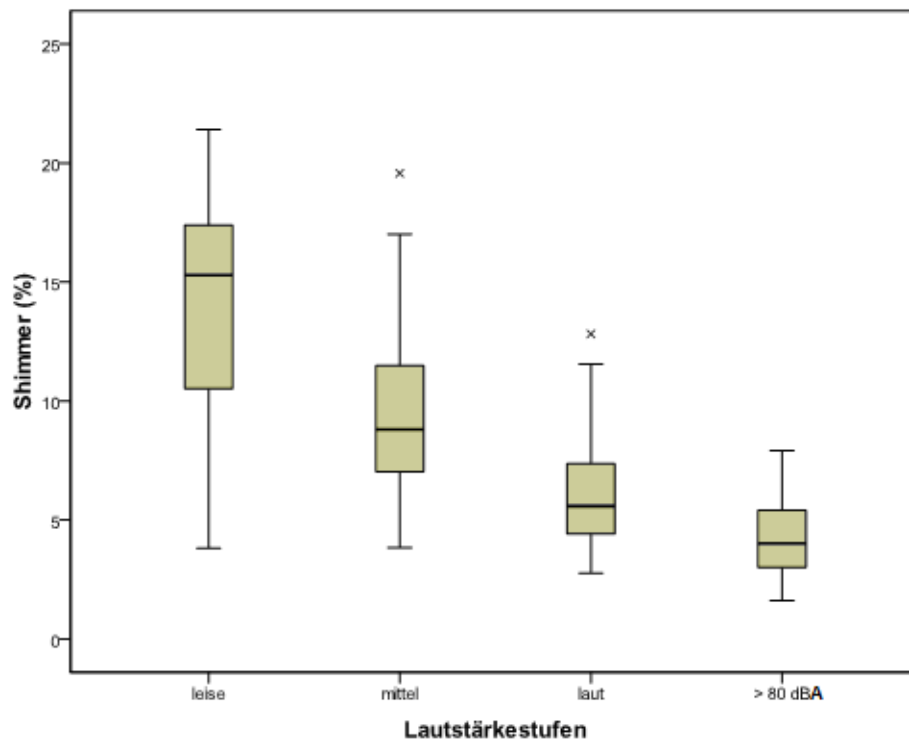


Abbildung 8 : Boxplot-Graphik zu Shimmer (%) in den vier untersuchten Lautstärkestufen. Gezeigt werden der Medianwert, die obere und untere Quartilgrenze, sowie der daraus resultierende Interquartilsabstand (IQR). Weiter werden der obere und untere Whisker (Maximum resp. Minimum der Daten < als 1,5xIQR) und die Ausreisser (> 1,5xIQR) abgebildet.

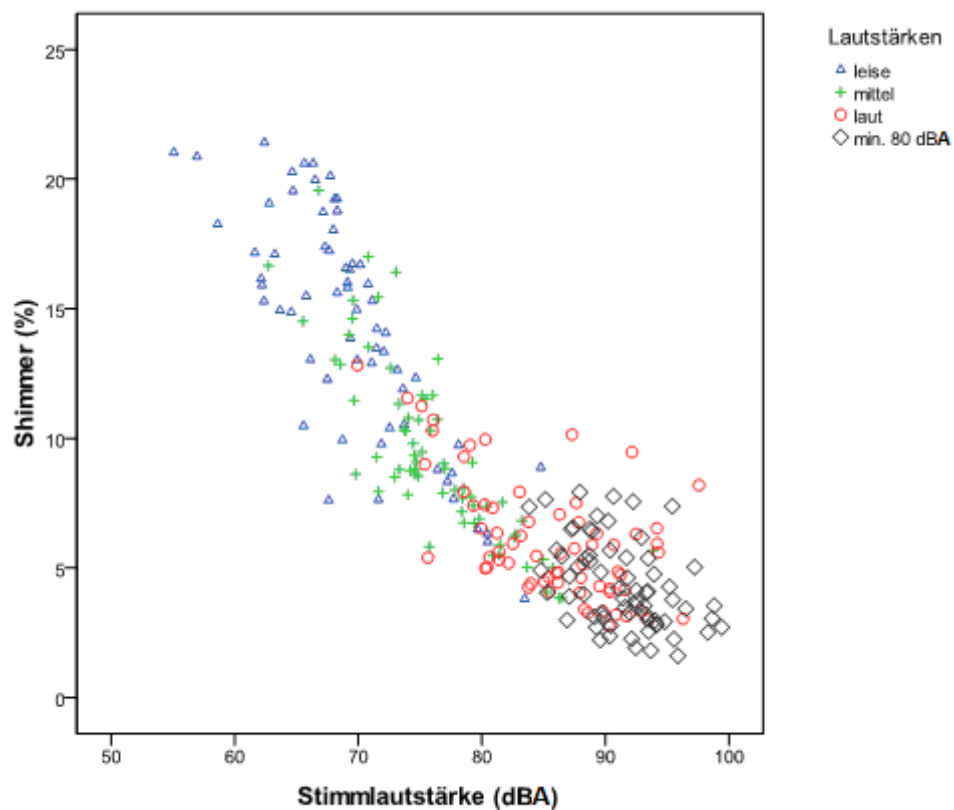


Abbildung 9: Punktediagramm mit Gegenüberstellung der einzelnen Shimmerwerten (%) zur tatsächlichen Stimmlautstärke (dBA) in den vier untersuchten Lautstärkestufen.

4.7 Perzentilen für Jitter, Shimmer, SLS, F₀ in der Lautstärkestufe „> 80 dBA“

Zwischen den Probanden nimmt die Vergleichbarkeit von Shimmer- und etwas weniger ausgeprägt von Jittermessungen ab einer Lautstärke von ca. 80 dBA markant zu. Aus diesem Grund werden die Ergebnisse der Lautstärkestufe „> 80 dBA“ als zukünftige Referenzwerte empfohlen (siehe Diskussion).

In Tabelle 17 sind die Perzentilen der vier Stimmparameter in folgender Verteilung aufgelistet: 5%, 10%, 25%, 50%, 75%, 90% und 95%. Sie sind gültig für das Alter von 5;0 bis 9;11 Jahren. Eine Altersabhängigkeit konnte in dieser Studienpopulation nicht gefunden werden (siehe Tabelle 8).

	Perzentile								
	5 %	10 %	25 %	50 %	75 %	90 %	95 %	\overline{X}	SD
Jitter (%)	0.13	0.17	0.19	0.24	0.32	0.43	0.48	0.27	0.01
Shimmer (%)	2.06	2.36	3.00	4.02	5.43	7.04	7.60	4.34	0.20
SLS (dBA)	85.2	86.9	88.7	91.6	93.6	95.9	98.5	91.4	0.436
F ₀ (Hz)	261.5	271.9	293.3	316.9	353.9	395.2	434.1	328.4	6.23

Tabelle 17: Perzentilen und Mittelwerte für Jitter (%), Shimmer (%), SLS (dBA), F₀ (Hz) in der Lautstärkestufe „> 80 dBA“. \bar{X} : Mittelwert; SD: Standardabweichung.

5. Diskussion

5.1 Übersicht

In dieser Querschnittsstudie an 68 stimmgesunden Kindern vor der Stimmutation konnte nachgewiesen werden, dass die Werte für die Stimmparameter Jitter und Shimmer mit zunehmender Stimmlautstärke deutlich abnehmen. Bei einer kontrollierten Phonation von mindestens 80 dBA kamen Messungen mit einer erheblich kleineren Streuung zustande als bei der sonst üblichen Phonation in subjektiv mittlerer Stimmlage. Zwischen den einzelnen Stimmparametern Jitter, Shimmer, SLS sowie F_0 und den Variablen Alter (5;0 bis 9;11 Jahre), Geschlecht, Körpergrösse sowie Körpergewicht konnten keine signifikanten Zusammenhänge nachgewiesen werden. Im Vergleich zu Erwachsenen sind Jitterwerte von Kindern erhöht [3].

Es wurde ein normativer Datensatz mit Perzentilenangaben zu Jitter und Shimmer bei einer kontrollierten Phonation von mindestens 80 dBA erhoben (siehe Tabelle 17). Die Angaben gelten für Kinder im Alter von 5;0 bis 9;11 Jahren, da vor allem Kinder im Vorschulalter Schwierigkeiten in der Durchführung des Untersuchungsprotokolls hatten.

5.2 Einfluss von SLS auf Jitter und Shimmer

Die vorliegende Studie zeigt, dass auch im Kindesalter sowohl Jitter als auch Shimmer mit zunehmender Lautstärke erheblich kleiner werden. Gleichzeitig nimmt die Streuung ab. Ein Einfluss der Stimmlautstärke wurde schon früher in einzelnen Studien an Kindern [16] und Erwachsenen beschrieben [3]. Studien an Kindern mit der Aufgabenstellung „leise“, „mittlere“ und „laute“ Phonation sind in der Literatur bisher nicht bekannt (siehe Tabelle 18).

Aus Abbildung 7 und Abbildung 9 ist ersichtlich, dass sich die Abnahme der Streuung nicht linear, sondern eher bogenförmig verhält. Im Bereich unterhalb von 75 bis 80 dBA lässt sich bereits bei einer kleinen Änderung der Lautstärke (SLS) eine starke Änderung für Jitter, beziehungsweise für Shimmer, beobachten. Phonationen über 80 dBA zeigen deutlich geringere intra- und interindividuelle Unterschiede. Dasselbe Phänomen konnte bereits in einer Studie an erwachsenen Probanden gezeigt werden [3]. Aus diesem Grunde wurde damals für das Untersuchungsprotokoll eine kontrollierte Phonation von 80 dBA empfohlen.

In der vorliegenden Studie konnte erstmals bestätigt werden, dass bei einer kontrollierten Phonation von mindestens 80 dBA sowohl die Mittelwerte für Shimmer als auch die

Streuung signifikant kleiner werden. Tendenziell reduzieren sich auch die Jitterwerte, statistisch jedoch ohne Signifikanz.

	Autor	G	Leise			Mittel			Laut		
			\bar{x}	SD	Range	\bar{x}	SD	Range	\bar{x}	SD	Range
SLS (dBA)	Vorliegende Studie 2012	m/w	69.3	5.8	55-85	76.2	5.60	63-94	85.5	6.0	70-98
	Glaze et al ^a , 1990 [16]	m/w	64	1.9	60-69	70	2.2	65-76	86	4.8	77-99
	Brockmann et al, 2008 [3]	m	68.8	-	-	79.2	-	-	98.8	-	-
		w	63.8	-	-	72.5	-	-	96.8	-	-
F₀ (Hz)	Vorliegende Studie 2012	m/w	271	41	208-407	270	45	196-474	300	55	203-561
	Glaze et al, 1990 [16]	m/w	228	30	177-325	229	22	179-294	282	39	186-389
	Brockmann et al, 2008 [3]	m	125	-	-	127	-	-	178	-	-
		w	217	-	-	211	-	-	301	-	-
Jitter (%)	Vorliegende Studie^b 2012	m/w	1.27	1.11	0.24-6.90	0.50	0.26	0.22-2.03	0.34	0.13	0.16-0.77
	Glaze et al ^c , 1990 [16]	m/w	0.15	0.13	0.01-0.73	0.03	0.02	0.01-0.12	0.01	0.02	0.00-0.13
	Brockmann et al ^b , 2008 [3]	m	0.94	-	-	0.31	-	-	0.21	-	-
		w	0.78	-	-	0.36	-	-	0.22	-	-
Shimmer (%)	Vorliegende Studie^d 2012	m/w	14.40	4.43	3.81-21.41	9.47	3.47	3.84-19.57	6.09	2.34	2.77-12.82
	Glaze et al ^e , 1990 [16]	m/w	16.6	10.2	2.3-43	5.9	3.6	1.2-19	2.3	1.0	0.5-6.0
	Brockmann et al ^f , 2008 [3]	m	1.00	-	-	0.28	-	-	0.13	-	-
		w	1.40	-	-	0.50	-	-	0.12	-	-

Tabelle 18: Literaturvergleich zwischen Jitter (%), Shimmer (%), SLS (dBA), F₀ (Hz) der Lautstärkestufen „leise“, „mittel“, „laut.“ a.: Die Autorin hat einen Mund zu Mikrofon Abstand von 15 cm verwendet, die Daten der anderen Studien wurden bei 10 cm erhoben. b.: Jitter (%) wurde mit Praat berechnet. d.: Shimmer local (%) wurde mit Praat berechnet. e.: Shimmer (%) wurde mit CSpeech berechnet. f.: Shimmer (dB) wurde mit Praat berechnet. G: Geschlecht; \bar{x} : Mittelwert; SD: Standardabweichung.

5.3 SLS in den verschiedenen Lautstärkestufen

Der gemessene Schalldruckpegel ist von der Mikrofon-zu-Mund-Distanz abhängig [64]. Aus diesem Grund wurden alle Stimmmessungen unter gleichen Standardbedingungen mit 10 cm Aufnahmeabstand durchgeführt. Für den Literaturvergleich in Tabelle 19 wurden nur Referenzwerte mit derselben Distanz herangezogen. Die Mittelwerte der Lautstärkestufe „mittel“ waren vergleichbar mit Werten in „subjektiv normaler Sprechstimmlage“ aus vergangenen Studien an Kindern [32] und Erwachsenen [3].

Autor	N	Alter (Jahre)	Geschlecht	SLS (dBA)	SD
Vorliegende Studie 2012	68	5;0 bis 9;11	m/w	76.2	5.6
Wertner et al. [32]	20	4;0 bis 10;2	m/w	73.8	2.2
Brockmann et al, 2008 [3]	28	20 bis 40	w	72.5	1.1
	29	20 bis 40	m	79.2	1.1

Tabelle 19: Literaturvergleich SLS (dBA) phonierte in normaler Sprechstimmlage bei einem Mikrofon-zu-Mund-Abstand von 10 cm. N: Probandenanzahl; m: männlich; w: weiblich; SD: Standardabweichung.

Der Anstieg der Grundfrequenz (F₀) von „mittel“ zu „laut“ stimmt mit den Angaben aus der Literatur, sowohl für Kinder [16], als auch für Erwachsene [4, 61], überein.

Wider Erwarten wurde bei der Anweisung „leise“ höher phoniert als bei „mittel“. Es kann deshalb vermutet werden, dass unterschiedliche Strategien zur Phonation der verschiedenen Lautstärkestufen angewandt wurden. Diese Beobachtung kommt in Übereinstimmung mit einer früheren Arbeit an Kindern. Diese konnte zeigen, dass die Wahl der Aufgabenstellung einen Einfluss auf F_0 haben kann [65].

5.4 Zusammenhänge zwischen Jitter, Shimmer, F_0 und Geschlecht, Alter, Körpergrösse sowie Gewicht

Signifikante Zusammenhänge zwischen Jitter, beziehungsweise Shimmer, und dem Geschlecht, dem Alter, der Körpergrösse sowie dem Gewicht wurden in der vorliegenden Studie nicht gefunden. Diese Resultate bestätigen Erkenntnisse von vergangenen Querschnittsstudien [22, 30, 31, 38]. In einer Arbeit wird jedoch von erhöhten Jitterwerten bei vierjährigen im Vergleich zu älteren Kindern berichtet [28]. Eine andere Studie beobachtete signifikante Änderungen der Jitter- und Shimmerwerte etwa ein halbes Jahr vor der Stimmutteration [56]. Eine weitere Autorin zeigte einen signifikanten Zusammenhang zwischen Shimmer und Körpergrösse [26]. In all diesen Studien wurde die Sprechlautstärke (SLS) jedoch nicht kontrolliert.

Bei Erwachsenen kann das Geschlecht einen Einfluss auf Jitter und Shimmer haben [3]. Der Einfluss begründet sich teilweise darauf, dass Männer habituell lauter phonieren als Frauen. In dieser Studie an Kindern zeigte sich keine Geschlechterabhängigkeit der Messungen. Des Weiteren konnte für F_0 keine signifikante Korrelation zu Geschlecht, Alter, Gewicht und Grösse gezeigt werden. In den bisher veröffentlichten Querschnittsstudien zur Stimme in der Prämutation finden sich bezüglich der Korrelation zwischen F_0 und Alter, als auch für das Geschlecht widersprüchliche Angaben (siehe Tabelle 20).

Eine dreijährige Longitudinalstudie [42] an präpubertären Kindern zeigte eine negative Korrelation zwischen F_0 und dem Alter. Der Autor weist darauf hin, dass die Standardabweichungen von F_0 zwischen den Individuen grösser sind als die altersbezogenen Veränderungen von F_0 im Verlaufe der Zeit. Querschnittsstudien können demnach diesen Zusammenhang verpassen. Dasselbe muss auch für die Parameter Jitter und Shimmer berücksichtigt werden.

Zur Interpretation der Korrelationen muss berücksichtigt werden, dass die Probandenanzahl der Alterskohorte G1 (4;0 bis 5;11 Jahre) deutlich kleiner als G2 (6;0 bis 7;11) und G3 (8;0 bis 9;11) ist. Zudem überwiegt das weibliche Geschlecht (siehe

Abbildung 2). Die vorliegenden Beobachtungen zu den Korrelationen bezüglich Alter oder Geschlecht können demzufolge verzerrt sein.

			Signifikante Korrelationen zwischen F ₀ und:			
	Alter (Jahre)	Probandenanzahl	Alter	Geschlecht	Gewicht	Grösse
Vorliegende Studie 2012	5;0 bis 9;11	68	Nein	Nein	Nein	Nein
Glaze et al. 1988 [26]	5 bis 11	97	Nein	Ja	Nein	Nein
Busby et al. 1995 [44]	5 bis 11	40	Ja	Nein	-	-
Campisi et al. 2002 [22]	4 bis 12	94	Nein	Nein	Nein	Nein
Capellari et al. 2008 [28]	4 bis 6	23	Ja	-	-	-
Nicollas et al. 2008 [30]	6 bis 12	221	Ja	Ja	-	-
Tavares et al. 2010 [31]	4 bis 12	240	Ja	Nein	-	-

Tabelle 20: Literaturvergleich aus Querschnittsstudien an Kindern vor der Stimmutation: Korrelation zwischen F₀ und Alter, Geschlecht, Körpergewicht sowie Körpergrösse.

5.5 Durchführbarkeit des Untersuchungsprotokolls bei Kindern

Schon in früheren Studien wurde beobachtet, dass unterhalb einer gewissen Altersgrenze die Bewältigung von komplexen phonatorischen Aufgabenstellungen Schwierigkeiten bereiten kann. So hatten Kinder unter sieben Jahren aufgrund mangelnder Konzentration und perzeptiven Fähigkeiten Mühe, die Aufgaben im Rahmen einer Stimmumfangsprofilmessung zu erfüllen [43]. Ähnliches wurde in der vorliegenden Studie beobachtet. Studienausschlüsse aufgrund einer mangelhaften Aufgabendurchführung fanden sich zwar in allen Altersgruppen. Auffällig waren jedoch die Unterschiede zwischen Vorschul- und Schulalter (Einschulung in der Schweiz etwa im achten Lebensjahr). Die Tonhaltedauer von mindestens fünf Sekunden bereitete insbesondere Probanden vor der Schulreife, etwa im siebten Lebensjahr, Schwierigkeiten. Am stärksten ausgeprägt war dies bei „leiser“ Phonation.

Empirisch beobachtet, erwies sich die Durchführung der Aufgabenstellung A mit der Anweisung zu „leiser“, „mittlerer“ und „lauter“ Phonation schwieriger, als die Anweisung lauter als 80 dBA zu phonieren. Vor allem Kinder im Vorschulalter hatten Mühe, deutlich abgrenzbare Lautstärken zu produzieren.

Schwierigkeiten in der Aufgabenstellung B, in der drei Phonationen von mindestens 80 dBA gefordert wurden, zeigten sich weniger in der Tonhaltedauer als vielmehr darin SLS und F₀ über fünf Sekunden konstant zu halten. Dies führte zu Phonationen mit ansteigender, absteigender oder fluktuierender Lautstärke. Im Kindergartenalter war die ungewohnte Situation bezüglich Aufnahmeort und Untersuchungsperson ein weiterer wesentlicher Faktor für Studienabbrüche.

5.6 Empfehlungen zur instrumentellen akustischen Analyse für Kinder

Folgende Empfehlungen zur instrumentellen akustischen Analyse eignen sich für Kinder ab der Schulreife (etwa im dem siebten Lebensjahr):

Empfehlungen:	<ul style="list-style-type: none">– Phonation des Vokals /a/ bei mindestens 80 dBA.– Keine Begrenzung der Phonationslautstärke nach oben, jedoch nicht schreien.– Tonhaldedauer: mindestens 4 Sekunden.– Kindergerechte Gestaltung des visuellen Feedbacks.– Mindestens drei Aufnahmen in Folge.– Analyseintervall: zwischen 1 bis 3 Sekunden.– Die Begleitung durch Bezugspersonen kann die Kooperation verbessern.
----------------------	--

Tabelle 21: Empfehlungen zur instrumentellen akustischen Analyse für Kinder ab der Schulreife (etwa im siebten Lebensjahr).

5.7 Referenzwerte für Jitter und Shimmer

Perzentilenangaben zu den Referenzwerten dieser Studie sind aus Tabelle 17 ersichtlich. Sie wurden bei einer kontrollierten Phonation von mindestens 80 dBA gewonnen und sind genauer als Werte, die bei subjektiv mittlerer oder lauter Phonation erhoben werden (für Shimmer signifikant, für Jitter dem Trend nach). Obwohl auch bei lauter Phonation im Mittel über 80 dBA phoniert wurde, kam der Minimalwert von 69.9 dBA deutlich unterhalb dem kritischen Bereich von 75 dBA bis 80 dBA zu liegen. Die Reduktion der Streuung gegenüber mittlerer Phonation ist zwar schon deutlich signifikant, sie wird bei einer Phonation von mindestens 80 dBA jedoch noch grösser, zumindest für Shimmer signifikant.

Normative Werte im Kindesalter wurden in früheren Studien anhand Phonationen in „subjektiv normaler Sprechstimmlautstärke“ gewonnen [22, 25, 26, 28-33]. Diese Daten sind jedoch wegen der starken Abhängigkeit von der Lautstärke (SLS) und weiteren Faktoren (siehe Einführungsteil) nur von begrenzter Aussagekraft. Durch die vorliegende Studie konnte gezeigt werden, dass eine zuverlässige Vergleichbarkeit von Jitter- und Shimmerwerten erst ab einem Lautstärkebereich von 80 dBA gewährleistet wird. Ein Vergleich zwischen den Werten der einzelnen Studien ist deshalb unmöglich (siehe Anhang IV).

Jitterwerte von erwachsenen Probanden bei ähnlichen Aufnahmebedingungen sind deutlich tiefer als die Werte von den Kindern der vorliegenden Studie [4] (siehe Tabelle 18). Dieses Verhalten wurde bereits in einer früheren Arbeit beschrieben [66, 67]. Eine weitere Studie berichtet von tieferen Jitter- und höheren Shimmerwerten bei Kindern im

Vergleich zu jungen Erwachsenen [26]. In beiden Abhandlungen wurde die Kontrolle der Stimmlautstärke (SLS) jedoch nicht berücksichtigt.

5.8 Instrumentelle akustische Stimmanalyse: Integration der Ergebnisse und Ausblick

Eine kürzlich erschienene Übersichtsarbeit zur instrumentellen akustischen Stimmanalyse präsentierte eine ernüchternde Bilanz zur Evidenz bezüglich der Reliabilität, Validität und Sensitivität von Jitter- und Shimmermessungen [5]. Im Hinblick auf Reliabilität wurden als mögliche Störgrößen das Untersuchungsinstrumentarium, das Geschlecht, die Wahl des phonierten Vokales und vor allem die Stimmlautstärke hervorgehoben.

Der letztgenannte Punkt konnte in dieser Studie bestätigt werden. Zusätzlich konnte erstmals nachgewiesen werden, dass sich bei einer kontrollierten Phonation von mindestens 80 dBA die Vergleichbarkeit von Jitter- und Shimmermessungen, zumindest für gesunde Kinderstimmen, deutlich verbessern lässt. Die verbesserte Vergleichbarkeit besteht sowohl innerhalb, wie auch zwischen den einzelnen Probanden.

Weiter konnte aufgezeigt werden, dass das Geschlecht, welches bei Erwachsenen als Störvariable für Jitter- und Shimmermessungen beschrieben wurde [3], bei Kindern keine Rolle spielt. Aus physiologischer Sicht lässt sich dies durch die gleiche Kehlkopfgrösse von Mädchen und Jungen vor dem zehnten Lebensjahr erklären [7].

In dieser Studie ergaben sich bei vereinzelt Stimmaufnahmen im leisen Bereich Probleme mit der F_0 -Kennung. Diese liessen sich auch nach der Analyse mit unterschiedlicher Software nicht beheben. Von Seiten der Technik bestehen demnach weitere Möglichkeiten, störende Einflussfaktoren zu reduzieren und somit die Vergleichbarkeit zu verbessern [5, 19].

Trotz unterschiedlicher Hypothesen sind die tatsächlichen Zusammenhänge zwischen Jitter, beziehungsweise Shimmer, und der Kehlkopffunktion noch immer unklar. So konnte eine kürzlich publizierte Arbeit aufzeigen, dass gewisse Stimmparameter nicht, wie ursprünglich angenommen, mit wahrgenommener Heiserkeit korrelieren [5, 68]. Es bleibt zu hoffen, dass mit einer verbesserten Reliabilität, die noch immer mangelhaft nachgewiesene Validität verbessert werden kann.

In früheren Arbeiten wurde die Sensitivität der instrumentellen akustischen Stimmanalyse bezüglich Stimmpathologien bemängelt [69, 70]. Diese muss in zukünftigen Studien mit dem revidierten Untersuchungsprotokoll neu beurteilt werden [3]. Gerade für das Kindesalter wäre es zu hoffen, dass sich die instrumentelle akustische Stimmanalyse als einfaches Screening- und Diagnostikinstrument weiter etablieren könnte.

5.9 Fazit

Die instrumentelle akustische Analyse besitzt wegen ihrer einfachen Handhabung einen besonderen Stellenwert im Kindesalter. In der vorliegenden Querschnittsstudie wurden erstmals Empfehlungen zur instrumentellen akustischen Analyse für Erwachsene an Kindern vor der Stimmutteration (5;0 bis 9;11 Jahre) erprobt und normiert. Dabei wurden die Stimmparameter Jitter und Shimmer auf mögliche Einflussfaktoren untersucht.

Auch bei präpubertären Kindern konnte eine starke Abhängigkeit der Jitter- und Shimmermessungen von der individuellen Sprechlautstärke bestätigt werden. Erstmals konnte gezeigt werden, dass sich die Vergleichbarkeit von Jitter und Shimmer, sowohl innerhalb, wie auch zwischen den Probanden, deutlich verbessern lässt, wenn die Sprechlautstärke mit mindestens 80 dBA vorgegeben wird.

In der vorliegenden Studie hatten das Alter, Geschlecht, Gewicht und Grösse keinen signifikanten Einfluss auf Jitter und Shimmer. Des weiteren wurde das Untersuchungsprotokoll auf seine Anwendbarkeit im Kindesalter überprüft. Die Ergebnisse wurden in Empfehlungen verankert und sind für Kinder ab der Schulreife bis zum zehnten Lebensjahr gültig. Ein Grossteil der Kinder vor der Schulreife war nicht in der Lage, eine Phonation bei vorgegebenen Lautstärke über eine bestimmte Zeitdauer zu halten.

Basierend auf den neuen Empfehlungen wurden an 68 Kindern Referenzwerte für Jitter und Shimmer bestimmt. Sie sind genauer als bisherige Erhebungen, da sie ausschliesslich mit kontrollierter Sprechlautstärke durchgeführt wurden. Der klinische Nutzen des neuen Untersuchungsprotokolls muss in weiteren Studien an Kindern mit Stimmstörungen untersucht werden.

6. Literaturverzeichnis

1. Dejonckere, P., et al, *A basic protocol for functional assessment of voice pathology, especially for investigating the efficacy of (phonosurgical) treatments and evaluating new assessment techniques*. European Archives of Otorhinolaryngology, 2001. **258**: p. 77-82.
2. Titze, I.R. *Workshop on acoustic analysis: Summary statement*. In *National Center for Voice and Speech, USA: Iowa City*. 1995.
3. Brockmann, M., Storck, C., Carding, P.N., Drinnan, M.J., *Voice loudness and gender effects on jitter and shimmer in healthy adults*. Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 2008. **51**(5): p. 1152-60.
4. Brockmann, M., Drinnan, M.J., Carding, P.N., *How to minimise gender and voice intensity effects in acoustic assessments*. In *Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie*. 2008. Düsseldorf: Median Verlag.
5. Brockmann, M., Drinnan, M.J., *Routine acoustic voice analysis: time to think again?* Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery, 2011. **19**: p. 165-7.
6. Boersma, P., Weenink, D., *PRAAT, Software*. 2009, University of Amsterdam: Amsterdam. The Netherlands.
7. Stemple, C.S., Glaze, L.E., Gerdeman Klaben, B., *Clinical voice pathology: theory and management*. Thomson learning. Vol. 3. 2000: Delmar, Singular Publishing Group.
8. Mehta, D.D., Hillman, R.E., *Voice assessment: updates on perceptual, acoustic, aerodynamic, and endoscopic imaging methods*. Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery, 2008. **16**(3): p. 211-5.
9. Hirano, M., *Clinical Examination of Voice*. Vol. 5. 1981, Wien/ New York: Springer Verlag.
10. Dejonckere, P.H., *Perceptual and laboratory assessment of dysphonia*. Otolaryngologic Clinics of North America, 2000. **33**(4): p. 731-50.
11. Mazzoni, D., et al., *Audacity*. 2005, Free Software Foundation.
12. Baken, R.J., Orlikoff, R.F., *Amplitude perturbation (shimmer)*. In *Clinical measurements of speech and voice*. 2000a, Clifton Park, NY: Thomson Delmar Learning. p. 130-137.
13. Baken, R.J., Orlikoff, R.F., *Frequency perturbation (jitter)*. In *Clinical measurements of speech and voice*. 2000b, Clifton Park, NY: Thomson Delmar Learning. p. 190-213.
14. Orlikoff, R.F., Baken, R.J., *Consideration of the relationship between the fundamental frequency of phonation and vocal jitter*. Folia Phoniatica, 1990. **42**(1): p. 31-40.

15. Orlikoff, R.F., Kahane, Joel C., *Influence of mean sound pressure level on jitter and shimmer measures*. Journal of Voice, 1991. **5**(2): p. 113-119.
16. Glaze, L.E., Bless, D.M., Susser, R.D., *Acoustic analysis of vowel and loudness differences in children's voice*. Journal of Voice, 1990. **4**(1): p. 37-44.
17. Brockmann, M., Drinnan, M.J., Carding, P.N., *Comparison of voice intensity effects on electroglottographic versus acoustic jitter and shimmer*. Journal of the Acoustical Society of America, 2009. **125**(4): p. 2532-2532.
18. Brown, W.S., Jr., Morris, R.J., Murry, T., *Comfortable effort level revisited*. Journal of Voice, 1996. **10**(3): p. 299-305.
19. Deliyski, D.D., et al., *Regression tree approach to studying factors influencing acoustic voice analysis*. Folia Phoniatrica et Logopaedica, 2006. **58**(4): p. 274-88.
20. Carding, P.N., et al., *The Prevalence of Childhood Dysphonia: A Cross-Sectional Study*. Journal of Voice, 2006. **20**(4): p. 623-630.
21. Connor, N.P., et al., *Attitudes of Children With Dysphonia*. Journal of Voice, 2008. **22**(2): p. 197-209.
22. Campisi, P., et al., *Computer-assisted voice analysis: establishing a pediatric database*. Archives of Otolaryngology - Head & Neck Surgery, 2002. **128**(2): p. 156-60.
23. Fuchs, M., *Diagnostics and therapy of dysphonia suitable for the ages and developmental stages of children and adolescents (part 2)*. Laryngorhinootologie, 2008. **87**(2): p. 86-91.
24. Hirschberg, J., et al., *Voice disorders in children*. International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology, 1995. **32**(Supplement 1): p. S109-S125.
25. Niedzielska, G., Glijer, E., Niedzielski, A., *Acoustic analysis of voice in children with noduli vocales*. International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology, 2001. **60**(2): p. 119-22.
26. Glaze, L.E., et al., *Acoustic characteristics of children's voice*. Journal of Voice, 1988. **2**(4): p. 312-319.
27. Fuchs, M., *Landmarken der physiologischen Entwicklung der Stimme bei Kindern und Jugendlichen (Teil 1)*. Laryngo-Rhino-Otologie, 2008. **87**(01): p. 10,16.
28. Cappellari, V.M., Cielo, C.A., *Vocal acoustic characteristics in pre-school aged children*. Brazilian Journal of Otorhinolaryngology, 2008. **74**(2): p. 265-72.
29. Linders, B., et al., *Fundamental voice frequency and jitter in girls and boys measured with electroglottography: influence of age and height*. International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology, 1995. **33**(1): p. 61-5.
30. Nicollas, R., et al., *Normal voice in children between 6 and 12 years of age: database and nonlinear analysis*. Journal of Voice, 2008. **22**(6): p. 671-5.

31. Tavares, E.L., Labio, R.B., Martins, R.H., *Normative study of vocal acoustic parameters from children from 4 to 12 years of age without vocal symptoms: a pilot study*. Brazilian Journal of Otorhinolaryngology, 2010. **76**(4): p. 485-90.
32. Wertzner, H.F., Schreiber, S., Amaro, L., *Analysis of fundamental frequency, jitter, shimmer and vocal intensity in children with phonological disorders*. Brazilian Journal of Otorhinolaryngology, 2005. **71**(5): p. 582-8.
33. Vanzella, T.P., *Normatização dos parâmetros acústicos vocais em crianças em idade escolar*. 2006, <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/82/82131/tde-05102006-093528/>.
34. Pabon, J.P., Plomp, R., *Automatic phonetogram recording supplemented with acoustical voice-quality parameters*. J Speech Hearing Res, 1988. **31**: p. 710-22.
35. Bielamowicz, S., et al., *Comparison of voice analysis systems for perturbation measurement*. Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 1996. **39**(1): p. 126-34.
36. Hall, K.D., Yairi, E., *Fundamental Frequency, Jitter, and Shimmer in Preschoolers Who Stutter*. Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 1992. **35**(5): p. 1002-1008.
37. Dehqan, A., Scherer, R.C., *Objective Voice Analysis of Boys With Profound Hearing Loss*. Journal of Voice, 2011. **25**(2): p. e61-e65.
38. Zhang, T., Lin, J., Zhao, S., *Analysis of Fundamental Frequency and Voice Parameter from 4 to 8 Years Old Children*. Journal of Audiology and Speech Pathology, 2001. **4**: p. 235-236.
39. Hirano, M., Kurita, S., Nakashima, T., *Growth, development, and aging of the human vocal folds.*, in *Vocal fold physiology*, D.M. Bless, Abbs, J., Editor. 1980, College Hill Press: San Diego, California. p. 22-43.
40. Braegger, C., et al., *Wachstumskurven empfohlen von der Schweizerischen Gesellschaft für Pädiatrie*. 2011.
41. Behrendt, W., Fuchs, M., *Mutationsverläufe bei kindlichen Singstimmen. Die Ausdruckswelt der Stimme*, Gundermann, Editor. 1998, Hüther: Heidelberg. p. 122-127.
42. Bennett, S., *A 3-year longitudinal study of school-aged children's fundamental frequencies*. Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 1983. **26**(1): p. 137-41.
43. Böhme, G., Stuchlik, G., *Voice Profiles and Standard Voice Profile of Untrained Children*. Journal of Voice, 1995. **9**(3): p. 304-307.
44. Busby, P.A., Plant, G.L., *Formant frequency values of vowels produced by preadolescent boys and girls*. Journal of the Acoustical Society of America, 1995. **97**(4): p. 2603-6.
45. Hasek, C.S., Singh, S., Murry, T., *Acoustic attributes of preadolescent voices*. Journal of the Acoustical Society of America, 1980. **68**(5): p. 1262-5.

46. Pedersen, M.F., et al., *Fundamental voice frequency measured by electroglottography during continuous speech. A new exact secondary sex characteristic in boys in puberty.* International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology, 1986. **11**(1): p. 21-7.
47. Pedersen, M.F., et al., *Fundamental voice frequency in female puberty measured with electroglottography during continuous speech as a secondary sex characteristic. A comparison between voice, pubertal stages, oestrogens and androgens.* International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology, 1990. **20**(1): p. 17-24.
48. Saida, H., et al., *A study of voice mutation and physical growth - a longitudinal observation.* Nippon Jibiinkoka Gakkai Kaiho, 1990. **93**(4): p. 596-605.
49. Sorenson, D.N., *A fundamental frequency investigation of children ages 6-10 years old.* Journal of Communication Disorders, 1989. **22**(2): p. 115-123.
50. Brockmann, M., Drinnan M.J., Storck C., Carding P.N., *Reliable Jitter and Shimmer Measurements in Voice Clinics: The Relevance of Vowel, Gender Vocal Intensity, and Fundamental Frequency Effects in a Typical Clinical Task.* Journal of Voice, 2010.
51. C444, AKG Acoustics GmbH: Vienna, Austria, Microphone.
52. TCD-D8, Sony: Tokyo, Japan, Soundcard.
53. Winholtz, W.S., Titze, I.R., *Conversion of a head-mounted microphone signal into calibrated SPL units.* Journal of Voice, 1997. **11**(4): p. 417-421.
54. Wagener, F., Kühnel, V., Kollmeier, B., *Entwicklung und Evaluation eines Satztestes in deutscher Sprache I: Design des Oldenburger Satztestes (German) "Development and evaluation of a sentence based hearing test in german language I: Design of the Oldenburger Satztest."* Zeitschrift für Audiologie, 1999. **38**(1): p. 4-15.
55. <http://de.wikipedia.org/wiki/Praat>, Version: Juni 2012.
56. Fuchs, M., et al., *Predicting mutational change in the speaking voice of boys.* Journal of Voice, 2007. **21**(2): p. 169-178.
57. Decoster, W., Ghesquiere, S., Van Steenberge, S., *Great talent, excellent voices- no problem for pubertal girls?* Logopedics, phoniatrics, vocology, 2008. **33**(2): p. 104-12.
58. Harries, M.L., et al., *Changes in the male voice at puberty.* Archives of Disease in Childhood, 1997. **77**(5): p. 445-7.
59. Pedersen, M.F., et al., *A Multivariate Statistical Analysis of Voice Phenomena Related to Puberty in Choir Boys.* Folia Phoniatica et Logopaedica, 1985. **37**(5-6): p. 271-278.
60. Hakkesteegt, M.M., et al., *The relationship between perceptual evaluation and objective multiparametric evaluation of dysphonia severity.* Journal of Voice, 2007. **22**(2): p. 138-45.

61. Gramming, P., et al., *Relationship between changes in voice pitch and loudness*. Journal of voice, 1988. **2**(2): p. 118-126.
62. *Microsoft Office Excel*. 2003, Microsoft Corporation, Software.
63. *SPSS Statistics, Version 17*. 2008, Software.
64. Winholtz, W.S., Titze, I.R., *Miniature Head-Mounted Microphone for Voice Perturbation Analysis*. J Speech Lang Hear Res, 1997. **40**(4): p. 894-899.
65. Baker, S., et al., *The effect of task type on fundamental frequency in children*. International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology, 2008. **72**(6): p. 885-889.
66. Steinsapir, C.D., Forner, L.L., Stemple, J.C. *Comparison of data from the Visipitch and the PM300 pitch analyzer*. in *American Speech-Language-Hearing Association Convention*. 1986. Detroit, MI.
67. Steinsapir, C.D., Forner, L.L., Stemple, J.C. *Voice characteristics among black and white children: do differences exist?* in *American Speech-Language-Hearing Convention*. 1986. Detroit, MI.
68. Brockmann-Bauser, M., Carding, P.N., Drinnan, M.J. *Do jitter and shimmer measure perceptual hoarseness? In 28. Wissenschaftliche Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie e. V.; 2. Dreiländertagung D-A-CH*. 2011. Zürich.
69. Carding, P.N., et al., *The reliability and sensitivity to change of acoustic measures of voice quality*. Clinical Otolaryngology and Allied Sciences, 2004. **29**(5): p. 538-44.
70. Zyski, B.J., et al., *Perturbation analysis of normal and pathologic larynges*. Folia Phoniatrica, 1984. **36**(4): p. 190-8.

7. Anhänge

Inhalt

Anhang I: Probandeninformation

Anhang II: Einverständniserklärung

Anhang III: Elternfragebogen

7.1 Anhang I: Probandeninformation



Prof. Dr. med. R. Probst
Klinikdirektor

Abteilung Phoniatrie und
Klinische Logopädie
Dr.med. J. Bohlender, OA

UniversitätsSpital Zürich
Klinik für Ohren-, Nasen-, Hals- und
Gesichtschirurgie
Frauenklinikstr. 24
CH-8091 Zürich

Sekretariat +41-44-255 5830
Telefax +41-44-255 4424
E-Mail joerg.bohlender@usz.ch

Probandinnen-/ Probandeninformation

Studentitel: Referenzwerte für die objektive akustische Analyse bei stimmgesunden Kindern vom 5. bis zum 10. Lebensjahr.

Liebe Eltern,

dieses Schreiben informiert Sie über eine Studie zur Untersuchung der normalen Stimme von Kindern im 5. bis zum 10. Lebensjahr, die im Kindergarten/ Schulhaus Ihres Kindes von einem Team der Hals-Nase-Ohren-Klinik (Abteilung Phoniatrie und Klinische Logopädie) des UniversitätsSpitals Zürich, durchgeführt wird.

Bitte lesen Sie diese Information genau durch, damit Sie überdenken können, ob Sie Ihr Kind an der beschriebenen Studie teilnehmen lassen möchten. Für weitere Fragen, die Sie zu jedem Zeitpunkt der Studie stellen können, stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung. Bitte geben Sie diesen Fragebogen und die ausgefüllte Einverständniserklärung im beiliegenden Kuvert Ihrem Kind in den Kindergarten/ Schule mit, wo es der Lehrperson abgegeben werden kann. Wir danken Ihnen für Ihr Interesse und der Teilnahme an dieser Studie.

Auswahl der Probandinnen und Probanden

Sie werden für die Studie angefragt, weil durch die Zusammenarbeit zwischen dem Kindergarten/ Schulhaus Ihres Kindes und der Abteilung Phoniatrie und Klinische Logopädie der Hals-Nase-Ohren-Klinik des UniversitätsSpitals Zürich Ihr Kind für eine allfällige Teilnahme an dieser Studie in Frage kommt.

Ihr Kind ist in der von uns gesuchten Altersgruppe von vier bis zehn Jahren, stimmlich gesund und somit geeignet für die Teilnahme an den Untersuchungen im Rahmen dieser wissenschaftlichen Arbeit.

Ziel der Studie

Mit dieser Studie werden Daten der gesunden kindlichen Stimme erhoben. Hierzu wird die Stimme Ihres Kindes über ein Mikrophon aufgenommen. Mittels Computeranalyse werden die Tonhöhe und die Lautstärke sowie die Schwankungen in der Tonhöhe und der Lautstärke der Stimme berechnet. Diesen Vorgang nennt man objektive akustische Analyse. Ziel dieser Studie ist es, anhand des gewonnenen Datenmaterials, wissenschaftliche Erkenntnisse über die Entwicklung der gesunden kindlichen Stimme zu gewinnen.



Allgemeine Informationen zur klinischen Studie

Diese nationale Studie findet am Zürcher UniversitätsSpital statt. Es nehmen 90 Kinder aus verschiedenen Kindergärten und Schulen des Kantons Zürich teil. Die Studiendauer beträgt voraussichtlich 18 Monate: Beginn: 15.09.2010; Ende am 15.03.2012.

Freiwilligkeit der Teilnahme

Die Teilnahme an dieser Studie ist freiwillig. Bei Verzicht auf die Teilnahme entstehen keine Nachteile. Die Einwilligung zur Teilnahme an dieser Studie kann jederzeit zurückgezogen werden, ohne Angabe von Gründen.

Studienablauf und voraussichtlicher Zeitaufwand

Die Stimm-aufnahmen werden im gewohnten Umfeld des Kindergartens/ der Schule Ihres Kindes von einem Team der Abteilung Phoniatrie und Klinische Logopädie der Hals-Nase-Ohren-Klinik des UniversitätsSpitals Zürich durchgeführt.

Die Untersuchungen bestehen aus folgenden Schritten:

1. Schritt: Ausfüllen eines Fragebogens durch die Eltern (Dauer: ca.15 Minuten):

Dieser Bogen erhebt, ob bei Ihrem Kind Erkrankungen und andere Faktoren vorliegen, welche die Stimme beeinträchtigen könnten, oder ob die Stimme Ihres Kindes in besonderer Weise (z.B. Gesangsausbildung) trainiert wurde. Auf Seite 2 bitten wir Sie den Namen und das Geburtsdatum Ihres Kindes anzugeben. Diese Angaben werden später anonymisiert (siehe unten „Datenschutz“). Den Bogen können Sie zu Hause ausfüllen. Bitte geben Sie diesen Fragebogen und die ausgefüllte Einverständniserklärung im beiliegenden Kuvert Ihrem Kind in den Kindergarten/ Schule mit, wo es der Lehrperson abgegeben werden kann.

Ihr Kind nimmt während der Studie an folgenden Untersuchungen teil (Dauer maximal 30 Minuten):

2. Schritt: Eine subjektive akustische Stimmuntersuchung:

Bei dieser ersten Untersuchung wird ein Phoniater oder eine Logopädin die Stimme Ihres Kindes beim Sprechen anhand einer Skala beurteilen. Wenn die Stimme als unauffällig klingend eingeschätzt wird, kann Ihr Kind bei den Stimm-aufnahmen teilnehmen.

3. Schritt: Wiegen und Messen:

Nun wird Ihr Kind mit den Kleidern, aber ohne Schuhe auf einer Waage gewogen und die Körpergrösse gemessen. Diese Angaben können uns Aufschluss über die körperliche Entwicklung geben.

4. Schritt: Stimm-aufnahme A (inkl. Übungsphase):

Übungsphase: In dieser Phase, wird Ihr Kind für die eigentliche Stimm-aufnahme vorbereitet. Es soll fähig sein, den Laut /a/ mindestens 5 Sekunden lang „normal laut“, „leise“ und „laut“ zu sagen. Falls es nach 5 Minuten Training nicht in der Lage ist, den Laut /a/ in mit dem Gehör erkennbar unterschiedlichen Lautstärken zu sagen, wird diese Aufgabe abgebrochen. **Stimm-aufnahme:** Wird die Übungsphase problemlos bewältigt, wird die Stimme Ihres Kindes mit einem Mikrophon und einem Computer aufgenommen während es den Laut /a/ in den drei unterschiedlichen Lautstärken produziert.



5. Schritt: Stimmaufnahme B (inkl. Übungsphase):

Übungsphase: Bei dieser Übung soll Ihr Kind den Laut /a/ mindestens 5 Sekunden lang in einer gewünschten Lautstärke (80dB) zu produzieren. Falls es nach 5 Minuten Training dazu nicht in der Lage ist, wird diese Aufgabe abgebrochen.

Stimmaufnahme: Wird die Übungsphase problemlos bewältigt, wird die Stimme Ihres Kindes wiederum aufgenommen während es den Laut /a/ möglichst laut für 5 Sekunden spricht.

Zu einem späteren Zeitpunkt werden die Tonhöhe, die Lautstärke, sowie die Tonhöhen- und Lautstärkeschwankung der Stimmaufnahme, wie auch das Körpergewicht und die Körpergrösse mittels einer Computersoftware analysiert. Diese Arbeiten werden im UniversitätsSpital Zürich in der Hals-Nase-Ohren-Klinik durchgeführt.

Insgesamt beträgt der Zeitaufwand für Sie ca. 15 Minuten und für Ihr Kind maximal 30 Minuten.

Möglicher Nutzen und mögliche Risiken

Diese Studie kann Ihnen folgenden Nutzen bringen: Sie können kostenlos aus professioneller Sicht Einblick in die klanglichen Eigenschaften der Stimme ihres Kindes erhalten. Falls Ihr Kind eine heisere Stimme aufweisen sollte, können Ihnen sinnvolle weiterführende Untersuchungen empfohlen werden, wenn dies gewünscht wird. Die Teilnahme an dieser Studie bedeutet einen gewissen Zeitaufwand. Nachteile oder Unannehmlichkeiten sind durch die Untersuchungen nicht zu erwarten. Gesundheitliche Risiken sind mit den Untersuchungen nicht verbunden. Der Prüfarzt informiert Sie über alle neuen Erkenntnisse, die den Nutzen oder die Sicherheit des Studienablaufes und somit Ihre Einverständniserklärung beeinflussen können.

Datenschutz

In dieser Studie werden persönliche Daten von Ihrem Kind erfasst. Diese Daten werden anonymisiert. Sie sind nur Fachleuten zur wissenschaftlichen Auswertung zugänglich. Im Rahmen von Inspektionen können die Mitglieder der zuständigen Behörden Einsicht in die erhobenen Daten nehmen. Die zuständige Ethikkommission kann gegebenenfalls Kenntnis von den Originaldaten bekommen. Während der ganzen Studie und bei den erwähnten möglichen Kontrollen wird die Vertraulichkeit strikt gewahrt.

Ausschluss aus der Studie

Der Prüfarzt oder die Prüferin können Ihr Kind aus folgenden Gründen aus der Studie ausschliessen: (a) wenn die Stimme heiser klingt; (b) wenn gemäss des beigelegten Fragebogens Gründe zum Ausschluss führen (z.B. aufgrund einer Erkrankung, welche die Stimme beeinflusst); (c) wenn es Ihrem Kind nach einer 5 –minütigen Übungsphase Mühe bereitet, den Laut /a/ in unterschiedlichen Lautstärken zu sprechen (d) wenn es Ihrem Kind nach einer 5 –minütigen Übungsphase Mühe bereitet, den Laut /a/ in einer bestimmten Lautstärke (80dB) für 5 Sekunden zu sprechen.

Kosten

Die in dieser Probandeninformation erwähnten Untersuchungen sind kostenlos.

Entschädigung für die ProbandInnen

Für die Teilnahme an dieser klinischen Studie erhalten Sie keine Entschädigung.

Versicherungsschutz

Das UniversitätsSpital Zürich ersetzt Ihnen Schäden, die Ihr Kind gegebenenfalls im Rahmen der Studie erleidet. Zu diesem Zweck hat das UniversitätsSpital Zürich zu Ihren Gunsten



eine Versicherung bei der Zürich Versicherungs- Gesellschaft (Versicherungszertifikat Nr.822) abgeschlossen.

Stellen Sie während oder nach dem klinischen Versuch gesundheitliche Probleme oder andere Schäden an ihrem Kind fest, so wenden Sie sich bitte an den verantwortlichen Arzt Herr Dr. med. J. Bohlender. Er weiss über die geltende Gesetzgebung Bescheid, verfügt über die entsprechenden schriftlichen Unterlagen und wird für Sie die notwendigen Schritte einleiten.

Kontaktpersonen

Bei Unklarheiten, unerwarteten oder unerwünschten Ereignissen, die während der Studie oder nach deren Abschluss auftreten, können Sie sich jederzeit an die unten stehenden Kontaktperson wenden:

Prüfarzt: Herr Dr. med. J. Bohlender
Leitung Abteilung Phoniatrie und Klinische Logopädie;
Klinik für Ohren-, Nasen-, Hals- und Gesichtschirurgie
UniversitätsSpital Zürich
Frauenklinikstrasse 24, Nord II,
8091 Zürich

Mail: joerg.bohlender@usz.ch
Fax: 044 255 4424
Telefon: 044 255 5830

Fachleitung: Frau M. Brockmann-Bauser MSc, dipl. Klin. Logopädin
Fachleitung Klinische Logopädie
Abteilung Phoniatrie und Klinische Logopädie;
Klinik für Ohren-, Nasen-, Hals- und Gesichtschirurgie
UniversitätsSpital Zürich
Frauenklinikstrasse 24, Nord II,
8091 Zürich
Mail: meike.brockmann@usz.ch
Fax: 044 255 4424
Telefon: 044 255 5830

Doktorand: Herr cand. med. D. Beyer
Mail: Denis.Beyer@usz.ch
Telefon: 076 481 19 20

Zürich den 20.09.2010

Dr. med. J. Bohlender
Leitung Abt. Phoniatrie und Klinische Logopädie ORL USZ

7.2 Anhang II: Einverständniserklärung

Schriftliche Einverständniserklärung der gesetzlichen Vertreter des Probanden zur Teilnahme an der klinischen Studie

- Bitte lesen Sie dieses Formular sorgfältig durch.
- Bitte fragen Sie nach, wenn Sie etwas nicht verstehen oder wissen möchten.

Nummer der Studie:	
Titel der Studie:	Referenzwerte für die objektive akustische Analyse bei stimmgesunden Kindern vom 5. bis zum 10. Lebensjahr.
Ort der Studie:	UniversitätsSpital Zürich
Prüfer/Prüferin:	
Name und Vorname:	Bohlender, Jörg, Dr. med.
Probandin/Proband	
Name und Vorname:	
Geburtsdatum:	<input type="checkbox"/> männlich <input type="checkbox"/> weiblich
Gesetzliche(r) Vertreter des Probanden:	
Name und Vorname:	

- Ich wurde vom unterzeichnenden Prüfer schriftlich über die Ziele, den Ablauf der Studie, über die zu erwartenden Wirkungen, über mögliche Vor- und Nachteile sowie über eventuelle Risiken informiert und weiss, dass ich zusätzlich jederzeit telefonisch Informationen beim Prüfer einholen kann. Zudem weiss ich, dass mein Kind am Tag der Studie noch einmal mündlich über den Ablauf der Studie informiert wird und eine mündliche Einwilligung abgibt, die schriftlich festgehalten wird.
- Ich habe die zur oben genannten Studie abgegebene schriftliche Probandeninformation (Version 3, 20.09.2010) gelesen und verstanden. Meine Fragen im Zusammenhang mit der Teilnahme an dieser Studie sind mir zufriedenstellend beantwortet worden. Ich kann die schriftliche Probandeninformation behalten und erhalte eine Kopie meiner schriftlichen Einverständniserklärung.
- Ich und mein Kind hatten genügend Zeit, um eine Entscheidung zu treffen.
- Ich bin darüber informiert, dass eine Versicherung Schäden deckt, falls solche im Rahmen der Studie auftreten.
- Ich weiss, dass unsere persönlichen Daten nur in anonymisierter Form an aussenstehende Institutionen zu Forschungszwecken weitergegeben werden. Ich bin einverstanden, dass die zuständigen Fachleute der Kantonalen Ethikkommission zu Prüf- und Kontrollzwecken in meine Originaldaten Einsicht nehmen dürfen, jedoch unter strikter Einhaltung der Vertraulichkeit.
- Mein Kind nimmt an dieser Studie freiwillig teil. Wir können jederzeit und ohne Angabe von Gründen die Zustimmung zur Teilnahme widerrufen.

Ort, Datum	Unterschrift des gesetzlichen Vertreters der Probandin/des Probanden
------------	--

Bestätigung des Prüfers: Hiermit bestätige ich, dass ich diesem Probanden/dieser Probandin Wissen, Bedeutung und Tragweite der Studie erläutert habe. Ich versichere, alle im Zusammenhang mit dieser Studie stehenden Verpflichtungen zu erfüllen. Sollte ich zu irgendeinem Zeitpunkt während der Durchführung der Studie von Aspekten erfahren, welche die Bereitschaft des Probanden/der Probandin zur Teilnahme an der Studie beeinflussen könnten, werde ich ihn/sie umgehend darüber informieren.

Ort, Datum	Unterschrift der Prüferin/ des Prüfers
------------	--

7.3 Anhang III: Elternfragebogen

Fragebogen zur Studie „Referenzwerte für die objektive akustische Analyse bei stimmgesunden Kindern vom 5. bis zum 10. Lebensjahr.“

Probanden Nr: _____

Liebe Eltern,

vielen Dank, dass Sie sich für das Ausfüllen des Fragebogens Zeit nehmen.

Bitte senden Sie diesen Fragebogen im beiliegenden Kuvert zusammen mit der Einverständniserklärung an die Lehrerin oder den Lehrer Ihres Kindes zurück.

Bitte lesen Sie die folgenden Fragen sorgfältig durch und beantworten Sie diese (Bitte Seite 2 beachten!).

Wenn Sie Fragen dazu haben, nehmen Sie ungeniert Kontakt mit uns auf.

	Ja	Nein
1 Hatte Ihr Kind Gesangsunterricht oder Sprecherziehung? Welches/Wielange? _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 Hat Ihr Kind schon einmal unter einer behandlungsbedürftigen Stimmstörung gelitten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 Hat Ihr Kind eine Hörstörung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 Muss Ihr Kind regelmässig Medikamente einnehmen? Welche? _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 Leidet Ihr Kind unter einer neurologischen oder psychiatrischen Erkrankung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6 Hatte Ihr Kind im Bereich des Oberkörpers, des Halses oder Kopfes eine Operation?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7 Musste Ihr Kind in den letzten 18 Monaten aufgrund einer Operation beatmet werden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8 Hatte Ihr Kind im letzten Monat einen Infekt der oberen Atemwege?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9 Leidet Ihr Kind unter Sodbrennen oder „saurem Aufstossen“? _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10 Leidet Ihr Kind gerade an einer Allergie (z.B. Hausstauballergie)? _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11 Ist Schweizerdeutsch die Erstsprache bzw. Muttersprache Ihres Kindes? Welche Sprache sprechen Sie überwiegend zuhause? _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Durch Eltern auszufüllen:

Name: _____ Geburtsdatum _____

Durch Prüfer/in auszufüllen:

Datum: _____ Probanden Nr: _____

Kindergarten/ Schulhaus: _____

Bemerkungen: _____

(Datum, Unterschrift Prüfer/in)

7.4 Anhang IV: Literaturvergleich zu Normwerten von Jitter und Shimmer im Kindesalter

Autor	Software	Teilnehmer	Alter	mean Jitter	SD	mean Shimmer	SD
Vorliegende Studie, 2012	Praat	68 in toto	5;0-9;11	0.5 Jitter (%)	0.03	9.47 Shimmer (%)	0.42
Glaze et al, 1988 [26]	CSpeech	131 in toto	5.3-11.6	0.0339 Jitter (ms)	0.022	6.28 Shimmer (%)	4.33
		59 Knaben		0.0320 Jitter (ms)	0.020	5.51 Shimmer (%)	3.29
		62 Mädchen		0.0358 Jitter (ms)	0.024	7.01 Shimmer (%)	5.04
Hall et al, 1992 [36] aus [37]	CSpeech	10 Knaben	Vorschul-Alter	0.40 Jitter (ms)		4.57 Shimmer (%)	
Linders et al, 1995 [29]	PCLX	17 Knaben	7-15	10.3 median Jitter ratio	2.0-24.3	-	-
		44 Mädchen	7-15	9.7 median Jitter ratio	1.6-33.3	-	-
Niedzielska et al, 2001 [25]	-	31 in toto	4-14	0.43 Jitter (%)	0.24	4.07 Shimmer (%)	1.78
Zhang et al, 2001 [38] aus [37]	Dr. Speech	120 in toto	4 - 8	0.25 Jitter (%)		2.68 Shimmer (%)	
Campisi et al, 2002 [22]	MDVP	94 in toto	4-12	1.24 Jitter (%)	0.07	3.35 Shimmer (%)	0.12
Wertznner et al, 2005 [32]	CSL	20 in toto	4-10.2	1.551 Jitter (%)	0.906	0.610 Shimmer (%)	0.187
Vanzella et al, 2006 [33]	Análize de Voz	182 in toto	7-10	1.21 Jitter (%)	-	7.01 Shimmer (%)	0.26
		98 Mädchen		1.15 Jitter (%)	-	7.31 Shimmer (%)	0.36
		84 Knaben		1.29 Jitter (%)	-	6.66 Shimmer (%)	0.39
Nicollas et al, 2007 [30]	Diana	9 Kinder	6	0.008 Jitter	-	0.423 Shimmer	-
		24 Kinder	7	0.013 Jitter	-	0.519 Shimmer	-
		18 Kinder	8	0.013 Jitter	-	0.43 Shimmer	-
		25 Kinder	9	0.029 Jitter	-	0.559 Shimmer	-
		27 Kinder	10	0.013 Jitter	-	0.526 Shimmer	-
		55 Kinder	11	0.017 Jitter	-	0.456 Shimmer	-
		54 Kinder	12	0.021 Jitter	-	0.471 Shimmer	-
Cappelari et al, 2008 [28]	MDVP	23 in toto	4-7	1.02 PPQ (%)	-	6.4 APQ (%)	-
		7 Kinder	4-5	1.21 PPQ (%)	-	8.1 APQ (%)	-
		11 Kinder	5-6	0.96 PPQ (%)	-	5.51 APQ (%)	-
		5 Kinder	6-7	0.9 PPQ (%)	-	5.98 APQ (%)	-
Tavares et al, 2010 [31]	MDVP	30 Mädchen	4-5	1.635 Jitter (%)	1.130	5.048 Shimmer (%)	1.668
		30 Knaben		1.710 Jitter (%)	1.433	4.366 Shimmer (%)	1.704
		30 Mädchen	6-7	1.725 Jitter (%)	1.161	5.152 Shimmer (%)	1.984
		30 Knaben		1.181 Jitter (%)	0.798	4.010 Shimmer (%)	1.425
		30 Mädchen	8-9	1.621 Jitter (%)	1.075	4.740 Shimmer (%)	1.959
		30 Knaben		1.532 Jitter (%)	1.090	4.240 Shimmer (%)	1.068
		30 Mädchen	10-11	1.670 Jitter (%)	0.800	4.220 Shimmer (%)	1.208
		30 Knaben		1.709 Jitter (%)	0.945	4.011 Shimmer (%)	1.100
Dehqan et al, 2011 [37]	Dr. Speech	15 Knaben	5.1-6.7	0.18 Jitter (%)	0.036	1.62 Shimmer (%)	0.31

Tabelle 22: Literaturvergleich zu Normwerten von Jitter und Shimmer im Kindesalter. Ein Teil der Daten stammt aus Kontrollgruppen von Studien, die erkrankte mit gesunden Stimmen verglichen haben [25, 32, 36-38]. Aus der vorliegenden Studie sind die Jitter- und Shimmerwerte von Phonationen bei mittlerer Lautstärke angegeben. Abkürzungen Software: CSL: Computerized Speech Lab; MDVP: Multidimensional Voice Program; PCLX: Analysis Software for Laryngograph. Abkürzungen Parameter: APQ: Amplitude Perturbation Quotient, PPQ: Pitch Perturbation Quotient.

8. Verdankungen

Ich möchte allen, die mir die Arbeit an meiner Dissertation ermöglicht und erleichtert haben, ganz herzlich danken:

- Frau Dr. Meike Brockmann-Bauser PhD MSc.
- Herr Dr. med. Jörg Bohlender.
- Herr Professor Dr. med. Rudolf Probst.
- Frau Rita Ackermann, Schulleiterin Schulhaus Hutten, Zürich.
- Herr Heinz Blassnig, Schulleiter Schulhaus Itschnach.
- Frau Eva Laimer, Logopädin Schulhaus Seefeld, Zürich.
- Frau Sonja Galli und Frau Alessia Pesenti, Kindergärtnerinnen Schulhaus Hirzenbach, Schwammendingen.
- Frau Monika Ramot, Leitung kihz Platten, Zürich.
- Alle Probanden. Dank deren Mitarbeit ist diese Studie überhaupt erst zustande gekommen.
- Alle Personen, die mich in irgendeiner Form bei dieser Studie unterstützt haben.

Grössten Dank gebührt jedoch meinen lieben Eltern und meiner einzigartigen Schwester. Sie waren mir eine grosse Unterstützung in den letzten vier Jahren.

9. Curriculum Vitae

Denis Beyer von Amden SG

16.03.1979		Geboren in Zürich
1986 – 1992		Primarschule Rorschacherberg
1992 – 1994		Sekundarschule Rorschacherberg
1994 – 1998		Matura-Typ E, Kantonsschule Heerbrugg
1998	Aug. – Dez.	Hilfskraft Hauptpost St. Gallen
1999	Jan. – Mai Mai – Okt. Okt. – Dez.	Rekrutenschule: SanRS (Fahrer), Monte Ceneri Auslandsaufenthalt Hilfskraft Hauptpost St. Gallen
2000	Jan. – Mai Mai – Nov.	Auslandsaufenthalt Hilfskraft Baugewerbe Pflegehelferkurs SRK
2000 – 2001	Nov. – Jul.	Pflegehelfer, Bürgerspital St. Gallen
2001 – 2005	Aug. – Aug.	SHI Homöopathie Schule, Zug Behindertenbetreuer, Haus Maihof, Zug (Anstellung bis 40%)
2005	Aug. – Dez.	Zivildienst, geschützte Werkstatt HPV, Rorschach
2006	Jan. – Apr.	Auslandsaufenthalt
2006	Mai – Okt.	Behindertenbetreuer, Schweizerisches Epilepsie Zentrum, Zürich
2006 – 2012	Okt. – Sept.	Medizinstudium, Universität Zürich Behindertenbetreuer, Schweizerisches Epilepsie Zentrum, Zürich (Anstellung 20-40%)
2012	Sept.	Staatsexamen, Universität Zürich